

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Теплоенергетичний факультет  
Кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів

«На правах рукопису»  
УДК 621.43.056:632.15

«До захисту допущено»  
В.о.завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_/ В.А.Волощук/  
“ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**  
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності **151“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”**

на тему: Система підтримки мікроклімату в промисловому приміщенні  
фармакологічного виробництва

**Виконав:** студент \_\_\_\_\_ П \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_

Сковорода Ярослав Віталійович

(прізвище ім’я, по батькові)

(підпис)

**Науковий керівник** \_\_\_\_\_ Доцент, к.т.н. В.П. Бунь

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали )

(підпис)

**Консультант**

(назва розділу)

\_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали )

(підпис)

**Рецензент** \_\_\_\_\_ Керівник КТД, Щупаковський О.С.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали )

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”

Факультет Теплоенергетичний  
Кафедра Автоматизації теплоенергетичних процесів  
Рівень вищої освіти – другий(магістерський) за освітньо-професійною програмою  
Спеціальність 151“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_/В.А.Волощук/  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

Сковорода Ярослав Віталійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації Система підтримки мікроклімату  
В промисловому приміщенні фармакологічного виробництва

науковий керівник дисертації Бунь Валерій Павлович, доцент,к.т.н.

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «4» листопада 2019 р. № 3812-с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2019 р.

3. Об’єкт дослідження Промислове приміщення фармакологічного  
Виробництва ТОВ фармакологічна компанія «Здоров’я»

4. Предмет дослідження (вихідні дані для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою)

Припливно-витяжна система вентиляції. Вхідні дані це матеріали отримані під  
час проходження переддипломної практики. Температура приміщення - 22 °С,  
відносна вологість повітря – не більше 60%, резервація вентиляторів,  
продуктивність вентиляторів – 6255 м3/год, потужність водяного  
теплообмінника – 72 кВт, потужність електрокалорифера – 12 кВт.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

Аналітичний огляд проблеми, опис системи регулювання мікроклімату, розробка системи управління мікрокліматом на основі нечіткої логіки, розробка алгоритму управління системою мікроклімату, розрахунок оптимальних налаштувань регулятора, моделювання та аналіз роботи системи і порівняння результатів, Техніко-економічний аналіз.

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

7. Орієнтований перелік публікацій

Сковорода Я. В., Любицький С. В. Використання паливних елементів для енергонезалежності // Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів і студентів – 2018. – №16. – С. 21.

Сковорода Я. В., Бунь В. П. Адаптивна система регулювання параметрів мікроклімату виробничого приміщення із застосуванням нечіткої логіки // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів і студентів – 2019. – №17. – С. 29.

8. Дата видачі завдання " 04 " вересня 2019р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Видача завдання	04.09.2019	
2	Аналітичний огляд проблеми	10.09.2019	
3	Опис системи регулювання мікроклімату	05.10.2019	
4	Вибір схеми управління мікрокліматом	10.10.2019	
5	Розробка програмного забезпечення системи управління мікрокліматом	25.10.2019	
6	Розробка регулятора нечіткої логіки	10.11.2019	
7	Порівняння результатів роботи	20.11.2019	
8	Стартап-проект	01.12.2019	
9	Підпис керівника магістерської дисертації	10.12.2019	
10	Попередній захист магістерської дисертації	10.12.2019	
11	Захист	18.12.2019	

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(прізвище та ініціали)

### РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновку, списку літератури на 20 найменувань, 2 додатки, і містить 101 рисунок та 29 таблиць. Повний обсяг магістерської дисертації 168 сторінок, з яких 2 сторінки список джерел та 46 сторінок додатки.

**Актуальність теми.** Промислове приміщення фармакологічного виробництва належить до класу чистих приміщень. Воно вимагає постійного підтримання параметрів мікроклімату в межах чітко визначених норм, що необхідно для комфортної життєдіяльності виробничого персоналу, роботоспроможності технічної апаратури, а також правильного протікання хімічних реакцій та виконання технологічних процесів. В приміщеннях даного типу, де здійснюється виробництво лікарських засобів, необхідною умовою є також постійний повітрообмін та фільтрування приточного повітря. Подача відфільтрованого повітря повинна забезпечувати підвищений тиск стосовно навколишніх зон із більше низьким класом чистоти при всіх робочих умовах, а повітряний потік повинен ефективно обтікати зону виробництва.

**Мета та задачі дослідження.** Метою даної роботи є розробка системи автоматичного регулювання мікрокліматом промислового приміщення фармакологічного виробництва, розробка програмного забезпечення для управління системою та розробка регуляторів нечіткої логіки для підвищення якості регулювання.

**Рішення поставлених завдань та досягнуті результати.** Відповідно до вимог та мети роботи були визначені такі основні завадання:

Завдання 1. Розробка системи управління мікрокліматом промислового приміщення фармакологічного виробництва.

Завдання 2. Вибір схеми управління мікрокліматом промислового приміщення фармакологічного виробництва.

Завдання 3. Розробка програмного забезпечення для обраної системи.

Завдання 4. Розробка регуляторів нечіткої логіки для управління елементами системи.

Завдання 5. Провести аналіз ефективності функціонування. Здійснити порівняння з класичними методами регулювання.

**Об'єктом дослідження** є приміщення фармакологічного виробництва ТОВ фармакологічна компанія «Здоров'я».

**Предметом дослідження** є підвищення якості регулювання параметрів мікроклімату при зміні параметрів об'єкта з рахунок використання регулятора нечіткої логіки.

**Методи досліджень.** Для вирішення поставлених задач була розроблена припливно-витяжна система вентиляції та розроблено програмне забезпечення автоматичного управління нею. Для підвищення якості регулювання на базі обраного контролера був розроблений регулятор нечіткої логіки.

**Практичне значення одержаних результатів.** За результатами роботи було проведення дослідження роботи системи з ПД регуляторами та регуляторами нечіткої логіки. Результати показали, що регулятор нечіткої логіки забезпечує набагато кращий перехідний процес при зміні параметрів об'єкта, на відмінну від ПД регулятор.

**Публікації.** Сковорода Я. В., Любицький С. В. Використання паливних елементів для енергонезалежності // Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів і студентів – 2018. – №16. – С. 21.

Сковорода Я. В., Бунь В. П. Адаптивна система регулювання параметрів мікроклімату виробничого приміщення із застосуванням нечіткої логіки // Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрів і студентів – 2019. – №17. – С. 29.

## ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, 5 sections, a conclusion, a list of literature for 20 titles, 2 supplements, and contains 101 figures and 26 tables. The full master's thesis is 168 pages, of which 2 pages are a list of sources and 46 pages of the application.

**Actuality of theme.** The industrial premises of the pharmacological production belong to the class of clean rooms. It requires constant maintenance of microclimate parameters within clearly defined norms, which is necessary for the comfortable vitality of production personnel, the working capacity of technical equipment, as well as the proper course of chemical reactions and the execution of technological processes. In premises of this type, where the production of medicines is carried out, a constant condition is the constant air exchange and filtration of the supply air. The supply of filtered air must provide increased pressure with respect to the lower-purity surrounding areas under all operating conditions, and the airflow must flow efficiently around the production area.

**The purpose and objectives of the study.** The purpose of this work is to develop a system for automatic regulation of the microclimate of industrial premises of pharmacological production, to develop software for system control and to develop fuzzy logic controllers for improving the quality of regulation.

**Problem solving and results achieved.** According to the requirements and purpose of the work, the following main tasks were identified:

Task 1. Development of microclimate control system for industrial premises of pharmacological production.

Task 2. Choosing a microclimate control scheme for industrial premises of pharmacological production.

Task 3. Software development for the selected system.

Task 4. Development of fuzzy logic controllers to control system elements.

Task 5. Conduct an analysis of performance. Compare with classic methods of regulation.

The object of the study is the premises of the pharmacological production LLC Pharmacological company "Health".

**The subject of the study is** to improve the quality of regulation of the microclimate when changing the parameters of the object by using a fuzzy logic controller.

**Research methods.** In order to solve these problems, an exhaust ventilation system was developed and software for automatic control of it was developed. In order to improve the quality of regulation, a fuzzy logic controller was developed based on the selected controller.

**The practical significance of the results obtained.** According to the results of the study, the study of the system operation with PID controllers and fuzzy logic controllers. The results showed that the fuzzy logic controller provides a much better transition process when changing the object's parameters than the PID controller.

### **Publications.**

Skovoroda YV, Lyubitsky SV Use of Fuel Cells for Energy Independence // Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Conference of Graduate, Master and Student Students - 2018. - №16. - P. 21.

Skovoroda YV, Bun 'VP Adaptive parameter control system the microclimate of the production room using fuzzy logic // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of Postgraduate, Master and Student Students - 2019. - №17. - P. 29.

## Зміст

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ .....	20
1.1 Сучасний стан галузі регулювання мікроклімату промислових приміщень фармакологічного виробництва.....	20
1.2 Загальна постановка задач.....	23
РОЗДІЛ 2 ОПИС СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ .....	25
2.1 Характеристика об'єкта управління. Огляд та аналіз систем регулювання.....	25
2.2 Аналіз та вибір системи регулювання температури та відносної вологості.....	32
2.3 Опис функцій систем автоматизації .....	38
2.4 Розробка структури ПТКЗА.....	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ .....	49
3.1 Особливості застосування нечіткої логіки для управління мікрокліматом.....	49
3.2 Опис і реалізація алгоритму програмного забезпечення для регулятора нечіткої логіки в середовищі Qubix .....	51
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ .....	71
4.1 Порядок програмування контролера та обмін даними з верхнім рівнем автоматизації .....	71
4.2 Опис програмного забезпечення локального рівня ПТКЗА.....	75
4.3 Опис програмного забезпечення верхнього рівня ПТКЗА.....	107



РОЗДІЛ 5 ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ .....	114
5.1 Опис ідеї проекту .....	114
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	115
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	116
5.4 Розробка ринкової стратегії .....	123
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	125
5.6 Висновки .....	127
ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	132
Додаток А .....	127
Додаток Б .....	158

## ВСТУП

Підвищення ефективності та забезпечення необхідних норм виробництва на сьогоднішній день вимагає розробки та впровадження новітніх автоматизованих систем управління як невід'ємної складової технологічних процесів. В галузі фармакології підвищується вимоги до надійності, економічності, точності, зручності експлуатації, що потребує використання високоефективних технологій.

Промислове приміщення фармакологічного виробництва належить до класу чистих приміщень. Воно вимагає постійного підтримання параметрів мікроклімату в межах чітко визначених норм, що необхідно для комфортної життєдіяльності виробничого персоналу, роботоспроможності технічної апаратури, а також правильного протікання хімічних реакцій та виконання технологічних процесів. В приміщеннях даного типу, де здійснюється виробництво лікарських засобів, необхідною умовою є також постійний повітрообмін та фільтрування приточного повітря. Подача відфільтрованого повітря повинна забезпечувати підвищений тиск стосовно навколишніх зон із більше низьким класом чистоти при всіх робочих умовах, а повітряний потік повинен ефективно обтікати зону виробництва.

Досвід показує, що штатні системи регулювання недостатньо добре функціонують, виводячи параметри повітря за необхідні та допустимі норми, що зумовлено структурною та алгоритмічною недосконалістю існуючих систем. Невідповідність параметрів регуляторів поточному режиму роботи є погіршення контролю над технологічними змінами, зокрема високий рівень відносної вологості та невідповідність температури повітря, що призводить до порушення протікання хімічної реакції, погіршення якості виготовлених препаратів, зміни в'язкості рідин, негативного впливу на матеріали з високою ступінню гігроскопічності. Дотримання норм технологічного регламенту можливе лише шляхом використання сучасних комплексів автоматичного керування, які охоплюють всі рівні керування від задачі локального регулювання технологічної змінної до оптимізації функціонування системи.

Крім цього, консервативність та інерційність впровадження нових рішень з автоматизації, обумовлені високою кінцевою вартістю обладнання та тривалою процедурою прийняття в експлуатацію, вимагають створення новітніх високоефективних систем на засадах класичної теорії автоматичного керування в поєднанні з досягненнями сучасної контролерної техніки.

Отже актуальною науковою задачею є розробка сучасної системи керування, яка відповідає жорстким вимогам та здатна забезпечити необхідні параметри мікроклімату.

Метою автоматизації системи підтримки мікроклімату в промисловому приміщенні служить забезпечення необхідних температурних меж повітря, а також його відносну вологість в чітко визначеному діапазоні, що необхідно для створення визначених кліматичних умов які є стандартизованими для вироблення фармакологічних препаратів. Умови мікроклімату забезпечуються приточно-витяжною системою вентиляції, яка в залежності від заданих параметрів здійснює енергоефективне регулювання. Забезпечує постійний повітрообмін, регулюючи подачу свіжого очищеного повітря та видалення відпрацьованого. Здійснює регулювання температури повітря кімнатного, або приточного повітря та відносну вологість в робочій зоні.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

- аналіз виробничого приміщення з метою розрахунку необхідну потужність елементів контурів управління приточно-витяжної установки;
- розробка та дослідження структурних та алгоритмічних рішень щодо забезпечення ефективної роботи системи автоматичного керування в умовах змінних режимів функціонування об'єкта;
- розробка алгоритму врахування поточних параметрів повітря при формуванні системою регулювання керуючих дій;

- розробка алгоритму управління окремими контурами системи регулювання в залежності від температурних умов навколишнього середовища та відносної вологості повітря в приміщенні;
- розробка регуляторів нечіткої логіки, що необхідно для високої точності регулювання параметрів повітря при зміні параметрів об'єкта, для забезпечення високої якості продукції.

В ході вирішення поставлених задач отримані нові наукові результати:

- розроблено систему управління мікрокліматом, що здійснює управління окремими контурами та передбачає усі можливі аварійні ситуації, реалізує алгоритм управління елементами системи для точного регулювання параметрів мікроклімату приміщення;
- розроблено регулятор нечіткої логіки, що забезпечує високу точність регулювання параметрів повітря при змінні параметрів об'єкта.

Практичне значення отриманих результатів

- розроблено алгоритм регулювання з використанням регуляторів із внутрішньою моделлю у складі локальних систем автоматичного керування, що значно підвищують ефективність роботи системи за рахунок відповідності керуючого впливу регуляторів динаміці об'єкта керування та спрощують процедуру налаштування.

Використання розробленої системи за умови проведення додаткових досліджень може екстраполюватися на інші об'єкти фармакологічної галузі.

Розроблені структурні рішення, алгоритми керування та їх реалізація на контролерній техніці використані для регулювання параметрів мікроклімату промислового приміщення фармакологічного виробництва, що підтверджено відповідним актом впровадження.

## **РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ**

### **1.1 Сучасний стан галузі регулювання мікроклімату промислових приміщень фармакологічного виробництва**

Система управління мікрокліматом виробничих приміщень – це система, призначення якої створення необхідних або визначених конкретними нормами умов, що необхідні і для комфортного перебування персоналу і для коректного протікання технологічних процесів.

Мікрокліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками [1]:

- Температура повітря;
- Відносна вологість повітря;
- Швидкість руху повітря;
- Інтенсивність теплового випромінювання;
- Температура поверхні.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Для робочої зони виробничих приміщень встановлюються оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року. При одночасному виконанні в робочій зоні робіт різної категорії важкості рівні показники мікроклімату повинні встановлюватись з урахуванням найбільш чисельної групи працівників [1].

Оптимальні мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності [1].

На сьогоднішній день найефективнішим підходом до створення оптимальних норм мікроклімату в виробничих приміщеннях, а саме в приміщеннях де здійснюється виробництво фармакологічних препаратів є автоматизовані системи вентиляції та кондиціонування, які на відмінну від стандартних методів, такі як радіаторне опалення, здатні забезпечувати самостійну підтримку необхідних параметрів. Проте такі системи є енергозатратними. Системи приточно-витяжних установок базуються на тому, що використовують контролери для управління елементами системи. Класичні методи регулювання, такі як використання ПІД – регуляторів забезпечують дуже близькі до оптимальних норм параметри повітря, але мінусом є те, що вони не орієнтовані на економію.

Під вентиляцією розуміють організований і регульований повітрообмін або процес забезпечення видалення з робочих приміщень забрудненого повітря і подача на його місце чистого, згідно метеорологічним умовам мікроклімату [2].

Система вентиляції (СВ) – це сукупність вентиляційного обладнання та установок, організованих за одним принципом повітрообміну в робочій області приміщення [3].

Системи вентиляції можна класифікувати за такими принципами [2]:

- конструктивними особливостями (організації та підтримці повітрообміну: (канальні, безканальні);
- способу (природна, механічна);
- призначенням (витяжні і припливні, припливно-витяжні);
- зоною обслуговування (місцеві і загальнообмінні);
- способу створення тиску для переміщення повітря (газоутворень і їх сумішей).

Витяжні системи представляють собою конструкцію, що здійснює однонаправлену видалення відпрацьованого повітря з приміщення. Дана система встановлюється в багатьох промислових приміщеннях де не потрібно підтримувати занадто точні параметри повітря. Проблемою таких вентиляцій є те, що вони не здатні забезпечити повноцінне видалення повітря і тепла з робочих приміщень.

Припливні системи представляють собою конструкцію, що здійснює однонаправлену подачу свіжого повітря в приміщення. Повітря проходить очистку за рахунок використання фільтрів, а також може бути врегульоване до необхідних параметрів завдяки елементам системи таких як нагрівачі, для підігріву припливного повітря, охолоджувачі, для пониження температури до необхідного значення, або ж випарники, що здійснюють регулювання відносної вологості повітря.

Припливно-витяжна система вентиляції є комбінацією припливної та витяжної. Містить у собі усі їх характеристик і окрім цього здатна рекуперувати енергію за рахунок встановлення рекуператора. Таким чином затрачається менше енергії для підігріву, або охолодження повітря до необхідних параметрів.

Основні складові припливно-витяжної системи вентиляції:

- фільтри очищення приточного та витяжного повітря;
- зовнішні заслінки та відсікаючі заслінки для вентиляторів;
- вентилятори;
- водяні нагрівачі;
- електрокалорифери;
- компресорно-конденсаційні блоки (ККБ);
- зволожувачі повітря;
- щит управління системою вентиляції;

Отже, сучасні системи підтримки мікроклімату дають можливість повноціно забезпечити необхідні умови для виробничого приміщення. Використання вільно програмованих контролерів дають можливість реалізувати алгоритм для точного та швидкого управління системою. Окрім цього використання нестандартних підходів до побудови регуляторів також дають можливість зменшити енергозатрати, тим самим роблячи подібні системи вигіднішими порівняно з класичними методами регулювання мікроклімату.

## **1.2 Загальна постановка задач**

Фармацевтична промисловість, як будь-яка галузь, пов'язана з охороною здоров'я, пред'являє найвищі вимоги до кліматичних систем і якості повітря. Різноманітність вимог зумовлюється різноманітністю технологічних процесів.

Для таких процесів як подрібнення, висушування, гранулювання, виробництво желатинових та «шипучих» таблеток вкрай актуально осушення повітря. Допуск неконтрольованої відносної вологості пагубно впливає на якість продукту та його властивості. Рівень відносної вологості вище 60% сприяє розвитку бактеріологічного зростання, змінює електропровідність відповідної техніки, в'язкість рідин, пружність та пластичність, теплопередачу і тепловіддачу.

З цієї точки зору випарники та їх піддони в конденсаційних системах осушення повітря є точками підвищеної небезпеки, оскільки вологість у них наближається до 100% і вони є місцями розмноження плісняви та грибків. Цей ризик повністю виключається при використанні адсорбційних осушувальних систем, у яких відсутні конденсація і вогнища високої вологості повітря.

Також необхідною умовою є дотримання постійного повітрообміну та протікання повітря через робочу зону, що є необхідним для працюючого



персоналу і видалення хімічних елементів, що вивільняються в повітря при випаровуванні рідин.

З огляду на це, користуючись метою роботи згідно предмету дослідження поставимо наступні завдання.

Завдання 1. Розробка системи управління мікрокліматом промислового приміщення фармакологічного виробництва.

Завдання 2. Вибір схеми управління мікрокліматом промислового приміщення фармакологічного виробництва.

Завдання 3. Розробка програмного забезпечення для обраної системи.

Завдання 4. Розробка регуляторів нечіткої логіки для управління елементами системи.

Завдання 5. Провести аналіз ефективності функціонування. Здійснити порівняння з класичними методами регулювання.

## **РОЗДІЛ 2 ОПИС СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ**

### **2.1 Характеристика об'єкта управління. Огляд та аналіз систем регулювання**

Приточно витяжна система вентиляції - це система вентиляції приміщень, при якій повітрообмін відбувається за рахунок організованого припливу свіжого повітря і відведення відпрацьованого повітря з приміщення. Для підтримки мікроклімату промислового приміщення використовується комбінована приточно-витяжна система з рекуперацією та кондиціонуванням (АНУ), що має діапазон продуктивності 1000-8000 м<sup>3</sup>/год. Система використовує зовнішнє повітря, яке нагрівається або охолоджується проходячи через пластинчастий рекуператор який являє собою пристрій із заощадження теплової енергії шляхом утилізації тепла і є одним з елементів енергозберігаючих технологій приміщень. Рекуператори безпосередньо приєднуються до повітропроводів прямокутного перерізу як з паралельної розводкою траси повітроводів, так і з перпендикулярної або діагональної під кутом 45 °.

Нагрівання повітря в зимній період здійснюється за допомогою виносного водяного нагрівача, в літній період за допомогою вбудованого електрокалорифера потужністю 12 кВт. Осушення повітря здійснюється за допомогою двох компресорно-конденсаційних блоків.

У приточно-витяжній системі можуть здійснюватися такі режими обробки повітря:

- очищення повітря нейлоновим вбудованими фільтрами грубої очистки та додатковими канальними фільтрами зі змінною касетою в лінії всмоктування зовнішнього повітря та очистки витяжного повітря перед рекуператором;
- нагрівання / охолодження в залежності від сезону (температури на вулиці) та температури в приміщенні або в протоці;
- утримання відносної вологості повітря нижче заданого значення;

- частковий обхід рекуператора (байпас) по лінії припливного повітря (пріоритет припливу);

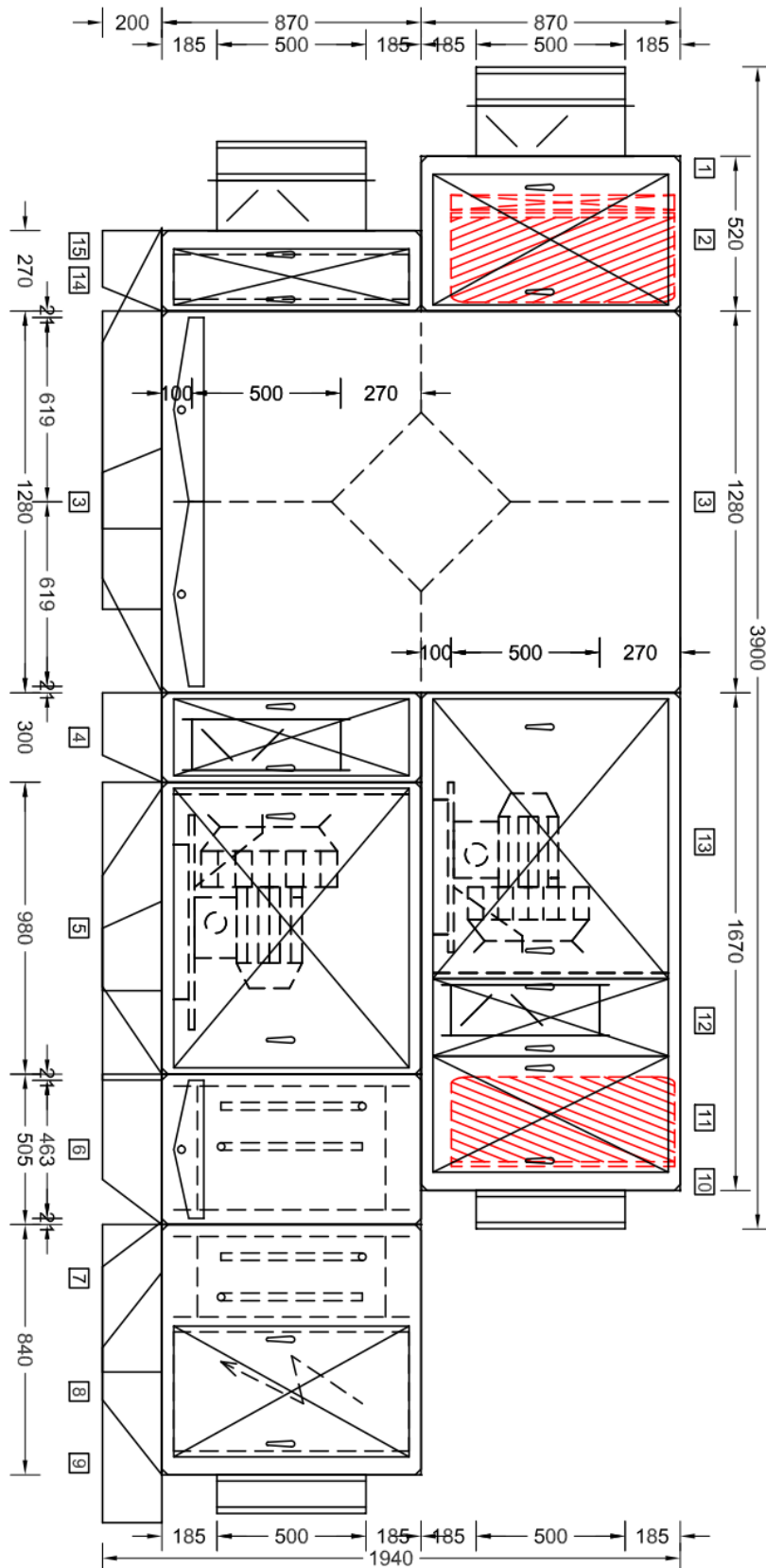


Рис. 2.1 Технологічна схема приточно-витяжної системи

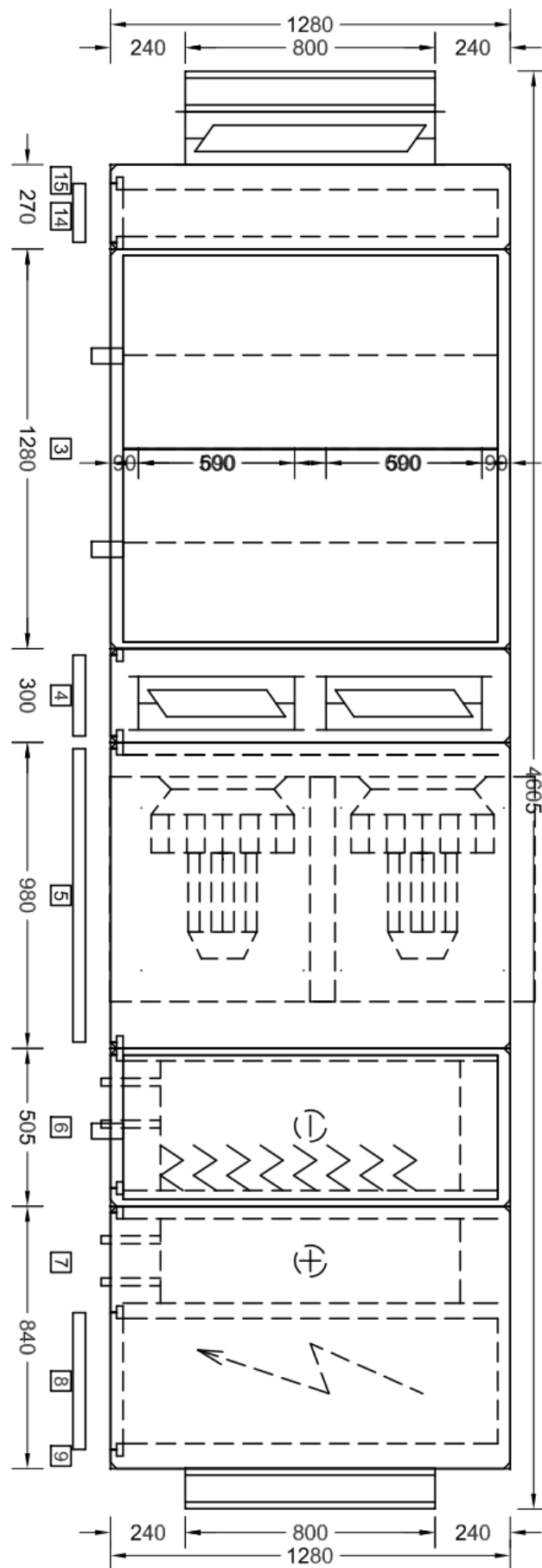
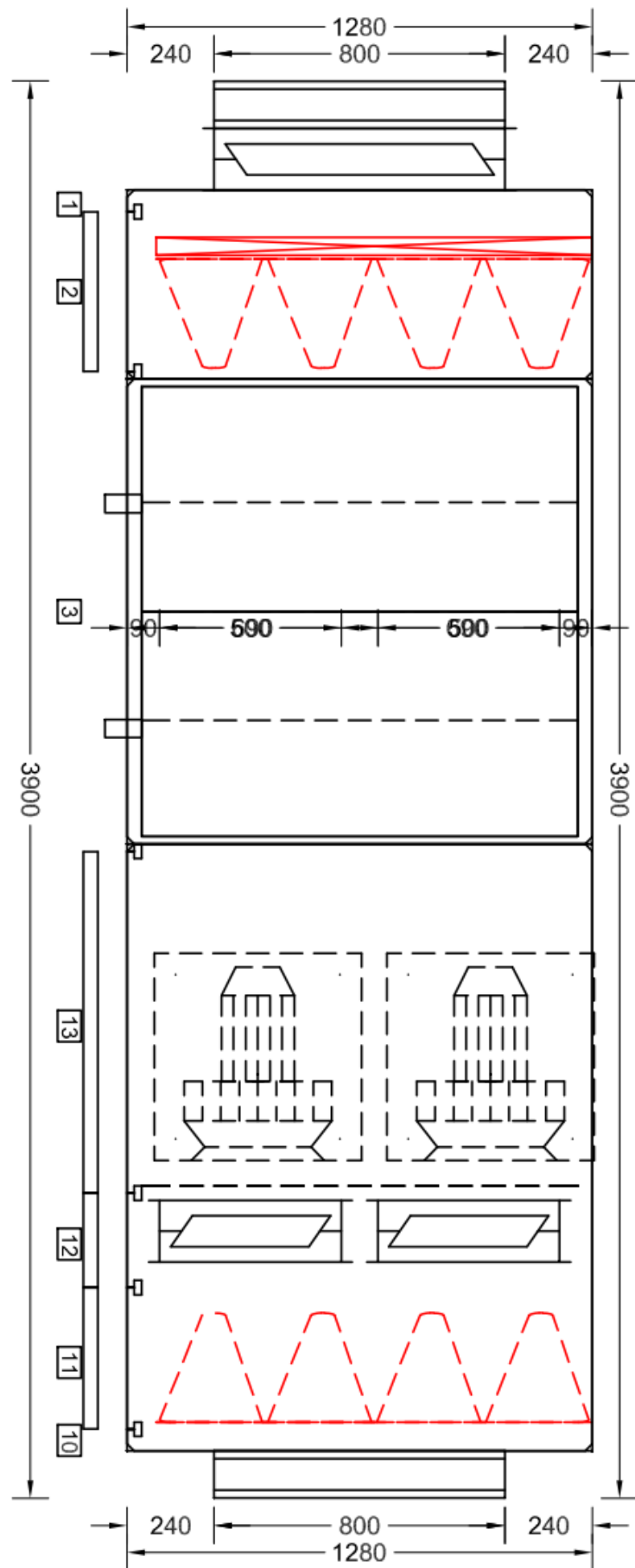


Рис. 2.2 Технологічна схема приточно-витяжної системи



### Рис. 2.3 Технологічна схема приточно-витяжної системи

Умовні позначення на схемі:

1. Вхідна секція;
2. Панель, мішок-фільтр;
3. Панель, теплообмінник;
4. 2-смугова коробка для змішування;
5. Підключення приточного вентилятора;
6. Котушка охолодження DX;
7. Основна котушка LPHW;
8. Електро-калорифер;
9. Вихідна секція;
10. Вхідна секція;
11. Мішок-фільтр;
12. 2-смугова коробка для змішування;
13. Підключення витяжного вентилятора;
14. Повітропровід;
15. Вихідна секція.

Принцип роботи приточно-витяжної системи:

При пуску установки здійснюється затримка старту вентиляторів, що необхідна для відкриття вуличних заслінок та відсікаючи заслінок вентиляторів. Для захисту рекуператора пуск витяжного вентилятора здійснюється раніше ніж приточного, при цьому бай пас є відкритим, що необхідно для проходження приточного повітря повз рекуператор. Затримка на ввімкнення витяжного вентилятора – 40 с, приточного – 55 с.

Після запуску вентиляторів, в залежності від температур та температури уставки, в роботу включається рекуператор. Відсоток задіяння рекуператора регулюється байпасною заслінкою, яка управляється аналоговим сигналом 0-10V.

В залежності від обраного типу регулювання (одно контурна система – регулювання температури повітря по каналному датчику: приток, каскадна

система – регулювання температури повітря по кімнатному датчику з врахуванням каналного), порівнюється температура уставки, яку необхідно досягти та поточна.

В зимній період для підігріву повітря послідовно після рекуператора вмикається водяний нагрівач. Регулювання теплоносія в нагрівачі здійснюється 3-х ходовим клапаном.

В літній період окрім регулювання температури також здійснюється регулювання відносної вологості повітря. Регулювання температури повітря здійснюється електрокалорифером для підігріву повітря, та 1-ю секцією компресорно-конденсаційного блоку для охолодження повітря. Регулювання відносної вологості здійснюється 2-ма секціями компресорно-конденсаційного блоку.

У разі якщо відносна вологість повітря вище заданої, відбувається увімкнення двох секцій компресорно-конденсаційного блоку, що забезпечують глибоке охолодження для осушення повітря. Після чого послідовно вмикається електрокалорифер для підігріву повітря до заданого значення. У випадку, коли відносна вологість менша заданого значення, а температура повітря при цьому вища ніж необхідне значення – відбувається охолодження повітря за допомогою першої секції компресорно-конденсаційного блоку.

Таблиця 2.1 Основні технологічні параметри

Елемент	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
Касетний фільтр	Ступінь очистки	-	G4
	Швидкість повітря лицьова	м/с	1,93
	Перепад тиску, початковий	Па	32,4
	Перепад тиску, кінцевий	Па	170
	Перепад тиску, розрахунковий	Па	101,2

Продовження таблиці 2.1

Мішок-фільтр	Ступінь очистки	-	F7
	Швидкість повітря лицьова	м/с	1,93
	Перепад тиску, початковий	Па	161,9
	Перепад тиску, кінцевий	Па	350
	Перепад тиску, розрахунковий	Па	255,9
Пластинчатий рекуператор (зима/літо) приток	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Продуктивність	м3/год	6255/6255
	Теплова потужність, розрахункова	кВт	56,52/7,15
	Ефективність	%	63/50
	Супротив по повітрю	Па	287/338
Пластинчатий рекуператор (зима/літо) витяжка	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Продуктивність	м3/год	6055/6055
	Теплова потужність, розрахункова	кВт	56,52/7,15
	Ефективність	%	63/50
	Супротив по повітрю	Па	301/314
Вентилятор и	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Повний статичний тиск вентиляторів	Па	1378



Продовження таблиці 2.1

	Повний тиск вентиляторів	Па	1469,6
	Продуктивність	м3/год	6255
ККБ	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Потужність теплова, розрахункова	кВт	59,91
	Холодопродуктивність	кВт	32,46
	Супротив повітря	Па	200
	Швидкість вихідна	м/с	2,4
	Температура повітря/волог. ДО	°С, %	28/95
	Температура повітря/волог. ПІСЛЯ	°С, %	13/60
Водяний теплообмін ник	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Потужність теплова, розрахункова	кВт	72,2
	Супротив повітря	Па	43
	Швидкість повітря лицьова	м/с	2,5
	Температура повітря До	°С	4
	Температура повітря ПІСЛЯ	°С	38,1
Електро- калорифер	Назва	Одиниці вимірювання	Значення
	Температура повітря До	°С	17
	Температура повітря ПІСЛЯ	°С	21
	Номінальна потужність	кВт	12
	Потужність теплова розрахункова	кВт	8,42
	Супротив по повітрю	Па	1

## 2.2 Аналіз та вибір системи регулювання температури та відносної вологості

### 2.2.1 Аналіз можливих систем регулювання

Проточно-витяжна система забезпечує підігрів повітря до заданого значення та швидкодію за рахунок підключення внутрішніх контурів системи, що необхідне для уникнення відхилень від температурних норм. Норми виробництва ліків в даному приміщенні передбачають постійне підтримання температури повітря на рівні 22°C, з максимальним відхиленням в 1°C та відотною вологістю повітря, яка не повинна перевищувати 60%. Існує декілька варіантів які мають свої переваги та недоліки.

#### Варіант I

Регулювання температури повітря здійснюється за кімнатними датчиком STH-02 (TE6). Таким чином реалізовується одноконтурне регулювання. Поточна температура кімнати порівнюється з уставленим значенням (ЗД). В залежності від різниці температур генерується керуючий імпульс. В системі реалізована послідовність задіяння внутрішніх компонентів, що необхідно для плавного та швидкого регулювання. Таким чином сигнал надходить на електропривід байпасної заслінки (SM8) пластинчатого рекуператора та на електропривід 3-х ходовий клапана (SM7) водяного калорифера (Q1).

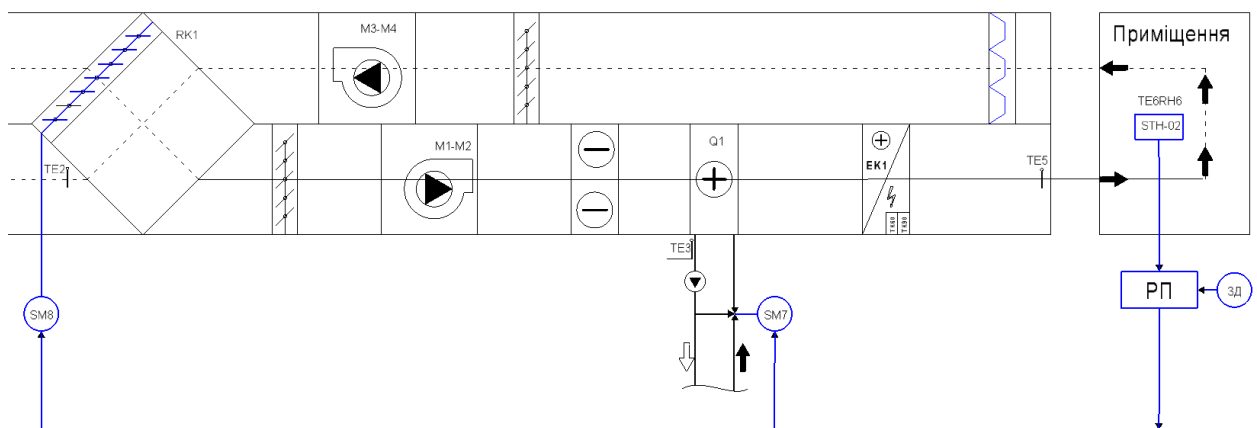


Рис.2.4. Схема регулювання температури повітря по кімнатному датчику

Плюсом даної системи є висока точність регулювання, а недоліком повільне реагування.

### Варіант II

Регулювання температури повітря здійснюється за каналним датчиком, що встановлений на виході повітропроводу (TE5). Таким чином реалізовується одноконтурне регулювання. Поточна температура в проточному каналі порівнюється з уставленим значенням (ЗД). Аналогічно Варіанту I здійснюється сигнал від регулюючого пристрою (РП) надходить на електропривід байпасної заслінки (SM8) пластинчатого рекуператора та на електропривід 3-х ходовий клапана (SM7) водяного калорифера (Q1).

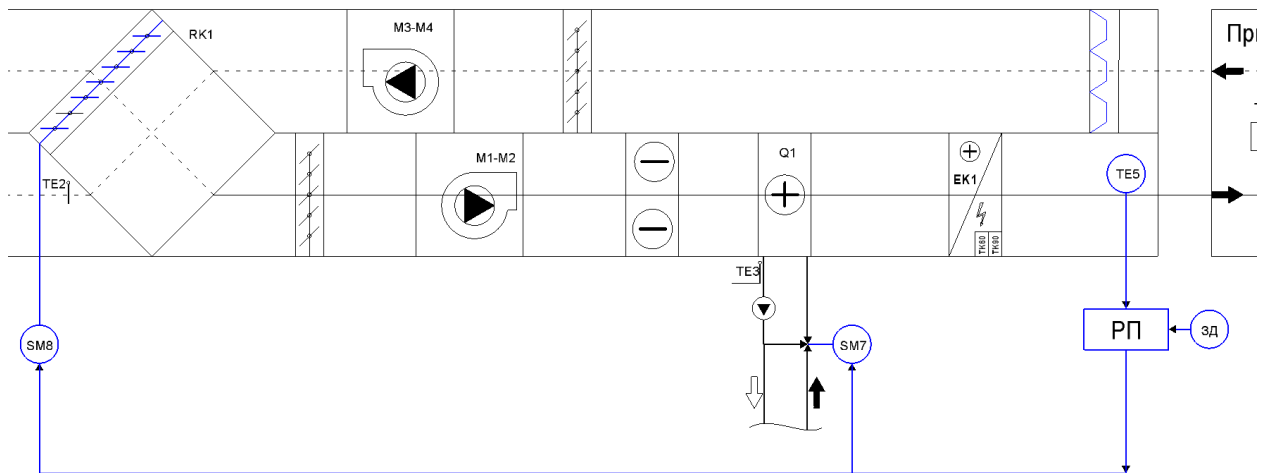


Рис.2.5 Схема регулювання температури повітря по каналному датчику

Головним недоліком даної системи є неточність регулювання, оскільки температура в кімнаті може відрізнятись від температури на виході з припливного каналу, що не буде відповідати необхідним нормам. Проте плюсом є швидкодія.

### Варіант III

Регулювання температури здійснюється по кімнатному датчику (TE6) та каналному (TE5). Таким чином реалізовується каскадна система регулювання. Регулюючий пристрій (РП) отримуючи інформацію від двох

датчиків та генерує сигнал для управління байпасом рекуператора та 3-х ходовим клапаном водяного калорифера. В результаті цього така система забезпечує швидке та точне регулювання і уникає можливість відхилення від встановлених норм.

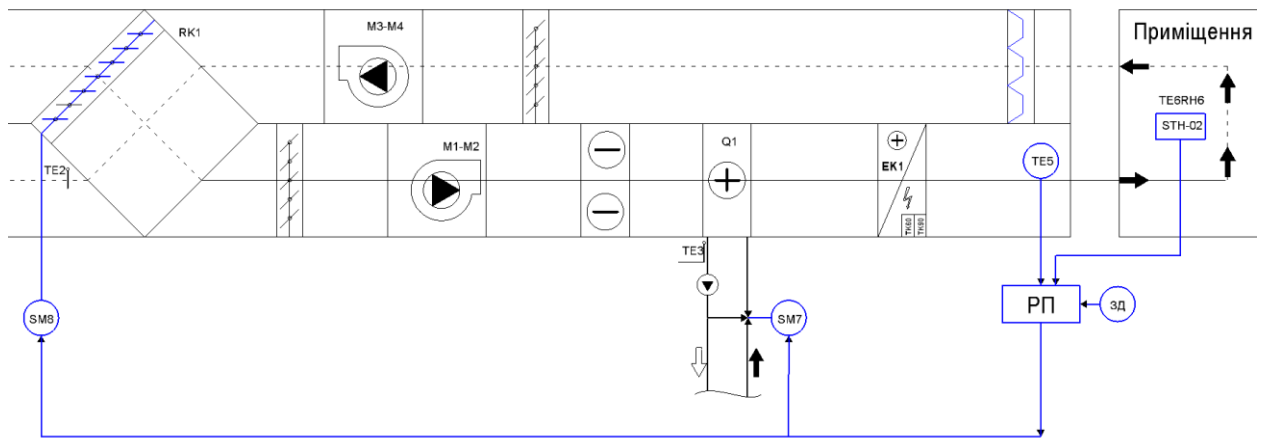


Рис.2.6 Схема регулювання температури повітря по кімнатному та каналному датчику

### 2.2.2 Вибір системи регулювання

Враховуючи те, що в промисловому приміщенні необхідно чітко дотримуватись визначених норм температури повітря забезпечивши при цьому швидкодію системи, необхідно обрати Варіант III.

### 2.2.3 Регулювання температури повітря водяним калорифером

Для регулювання температури повітря в виробничому приміщенні в зимній період застосовується водяний нагрівач. Він здійснює догрів припливного повітря до заданого значення. Регулюючим органом виступає 3-х ходовий клапан. В результаті цього існує декілька варіантів регулювання.

#### Варіант I

Регулювання температури повітря здійснюється каналним датчиком (TE3). Реалізовується одноконтурна система регулювання. Інформація від

каналного датчика порівнюється з усталеним значенням температури зворотнього теплоносія (ЗД) в результаті чого регулюючий пристрій (РП) генерує сигнал управління електроприводом 3-х ходового клапана (SM7). Для коректного підтримання заданої температури повітря в 22°C температура зворотнього теплоносія повинна бути в межах 35-45°C.

Такий спосіб регулювання забезпечує уникнення падіння температури зворотнього теплоносія нижче 20°C, що може спричинити обмерзання калорифера та приведе систему в аварійний стан, але він є не точним при регулюванні температури повітря, оскільки відсутній контроль поточного значення. Температура на виході у такому випадку може сильно відрізнятись від необхідних норм.

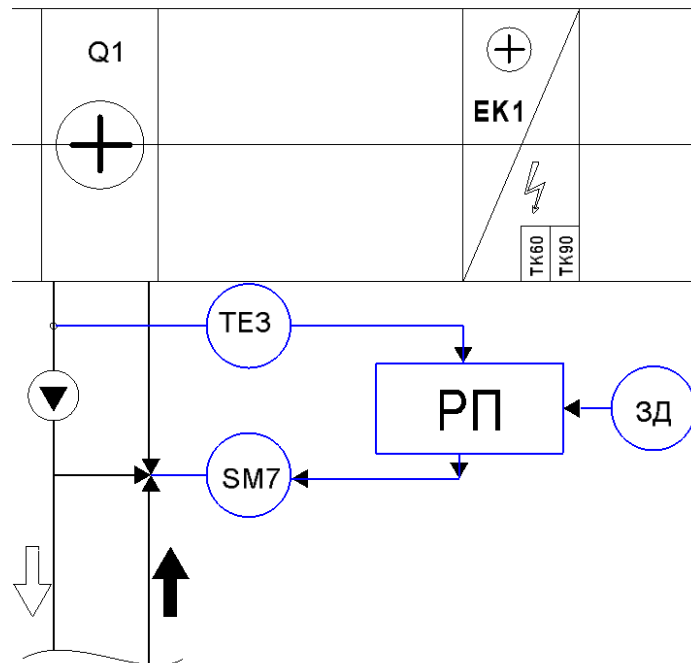


Рис.2.7 Схема температури повітря по датчику зворотнього теплоносія

## Варіант II

Для того щоб забезпечити встановлення необхідної температури повітря у визначених нормах та уникнути при цьому аварійного стану системи, пов'язаного з обмерзанням калорифера, регулювання здійснюється з урахуванням показників температури зворотнього теплоносія та температур

повітря в кімнаті і на виході з проточного каналу. В даному випадку регулюючий пристрій (РП) порівнює поточну температуру зворотнього теплоносія (ТЕ3) із його заданим значенням (ЗД1) і інформацію від датчиків температури повітря (ТЕ5, ТЕ6) із заданим значенням (ЗД2). В результаті цього здійснюється каскадне регулювання температури повітря та одноконтурне регулювання температури зворотнього теплоносія. Регулюючий пристрій порівнює сигнали управління (виходи Fuzzy регуляторів) та подає більший із них на електропривід 3-х ходового клапану.

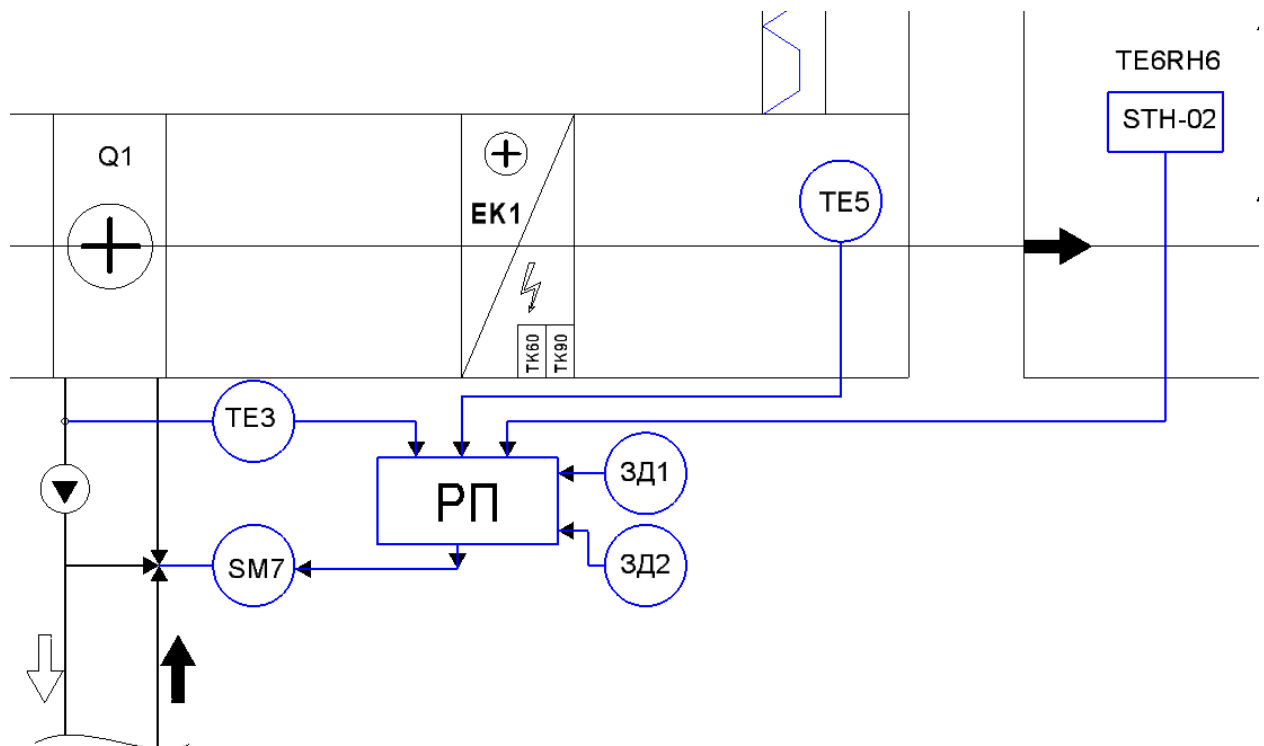


Рис.2.8 Схема регулювання системи температури повітря та зворотнього теплоносія

#### 2.2.4 Вибір системи регулювання

Враховуючи те, що в промисловому приміщенні необхідно чітко дотримуватись визначених норм по температурі повітря, а також забезпечити безпечне функціонування системи, необхідно обрати Варіант II.

### 2.2.5 Регулювання вологості повітря

Отримання необхідної вологості повітря в виробничому приміщенні здійснюється за рахунок двох секційного компресорно-конденсаційного блока (ККБ) та подальшого догріву електрокалорифером, що здійснює осушення. ККБ працює в режимі охолодження та осушення повітря.

Регулювання вологості здійснюється по кімнатному датчику (RH6). Поточне значення вологості повітря порівнюється із заданим значення – 60% (ЗД1). Якщо вологість повітря більша 60%, регулюючий пристрій подає сигнал на ввімкнення ККБ. Після глибокого охолодження вмикається електрокалорифер, який забезпечує осушення та догрів повітря до необхідної температури - 22°C (ЗД2).

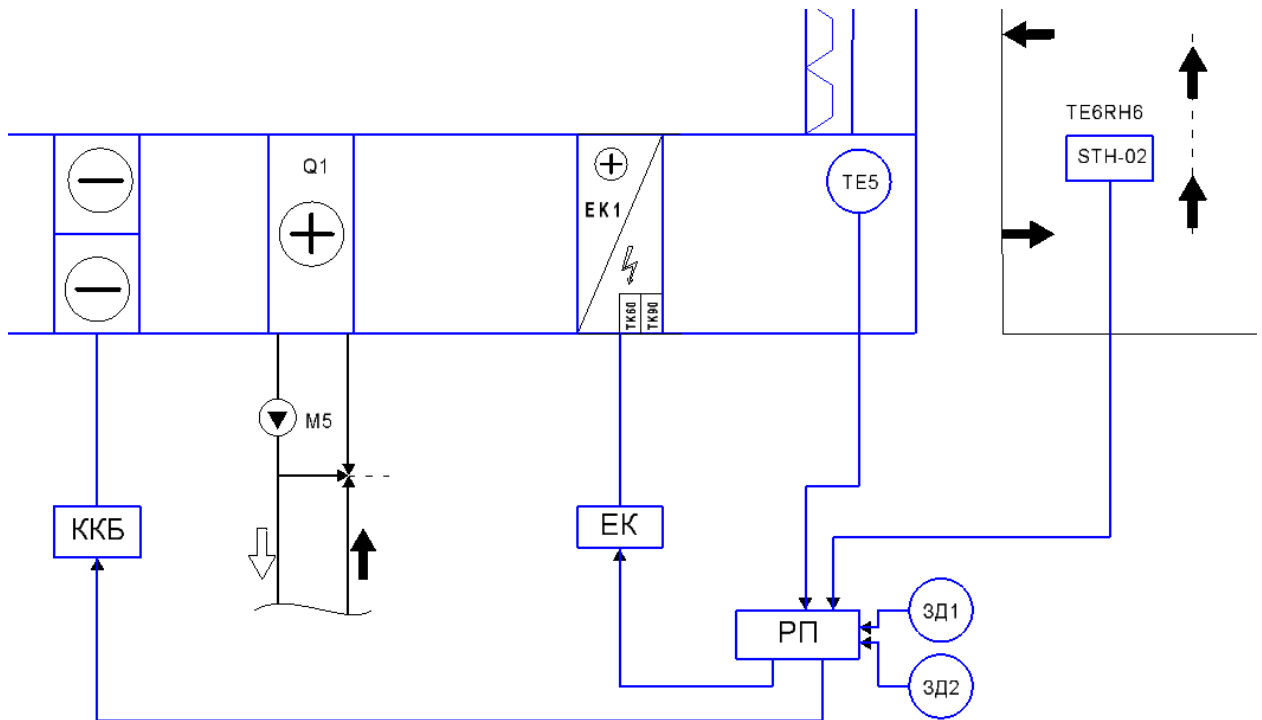


Рис.2.9 Схема регулювання вологості повітря по кімнатному датчику

### 2.3 Опис функцій систем автоматизації

Система підтримки мікроклімату в виробничому приміщенні забезпечує функції контролю, регулювання, сигналізації, захисту та блокування. Для

забезпечення нормального режиму роботи об'єкту керування необхідно забезпечити виконання таких функцій:

### 2.3.1 Функції контролю.

Технологічні параметри, які підлягають контролю зведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Контроль технологічних параметрів

Параметр	Межі виміру
Перепад тиску на касетних фільтрах	170 Па
Перепад тиску на мішок-фільтрах	350 Па
Температура на виході (після рекуператора)	5 °С
Перепад тиску на вентиляторах	400 Па
Швидкість обертання вентиляторів	3030 об/хв
Температура зворотнього теплоносія	20-80 °С
Температура повітря проточного каналу	16-30 °С
Температура повітря кімнатна	16-30 °С
Вологість повітря	60%
Температура на електрокалорифері	60°С

### 2.3.2 Функції регулювання

У даному проекті забезпечуються наступні функції регулювання:

- Регулювання температури повітря за допомогою рекуператора. Контролер отримує інформацію від каналного та кімнатного датчиків температури повітря. Порівнюючи значення з заданою температурою генерує сигнал управління електроприводом байпасної заслінки.



- Регулювання температури повітря за допомогою водяного калорифера в зимній період. Контролер отримує інформацію від канального та кімнатного датчиків температури повітря. Порівнюючи значення з заданою температурою генерує сигнал управління електроприводом 3-х ходовим клапаном.
- Регулювання температури повітря за допомогою електрокалорифера в літній період. Контролер отримує інформацію від канального та кімнатного датчиків температури повітря. Порівнюючи значення з заданою температурою генерує сигнал управління, що подається на семистор.
- Регулювання відносної вологості повітря за допомогою компресорно-конденсаційного блока. Контролер отримує інформацію від кімнатного датчика вологості повітря. Порівнюючи значення з заданою вологістю генерує сигнал управління, що подається на ККБ.

### 2.3.3 Сигналізація

В межах проекту було прийнято рішення про реалізацію аварійної сигналізації, яка спрацьовує при досягненні технологічним параметром аварійного значення.

При роботі САУ можливе виникнення наступних аварій:

- несправність припливного вентилятора;
- несправність витяжного вентилятора;
- несправність перетворювача частоти припливного вентилятора;
- несправність перетворювача частоти витяжного вентилятора;
- несправність циркуляційного насоса водяного повітрянагрівача;
- загроза обмерзання водяного калорифера по низькій температурі зворотного теплоносія;

- загроза обмерзання водяного калорифера по низькій температурі повітря за водяним повітронагрівачем;
- низька температура зворотного теплоносія (блокування холодного пуску);
- засмічення фільтра в припливному повітроводі;
- засмічення фільтра в витяжному повітроводі;
- обрив або коротке замикання датчика зовнішньої температури;
- обрив або коротке замикання датчика температури зворотного теплоносія;
- обрив або коротке замикання датчика температури в припливному каналі;
- обрив або коротке замикання датчика температури в витяжному каналі;
- несправності ККБ;
- аварійна зупинка системи по команді від щита пожежної сигналізації.

При виникненні хоча б однієї з перерахованих вище аварій (крім аварій «засмічення фільтра») САУ блокує роботу вентиляторів приточного і витяжного повітря і загоряється індикатор «Прогрівання / Аварія» на двері щита і на дисплеї контролера. Всі аварії розшифровуються на індикаторі контролера в щиті. Деблокування аварій (крім аварій «засмічення фільтра» і «низьке задане значення температури зворотного теплоносія для захисту повітронагрівача від обмерзання »), що виникли під час роботи САУ, здійснюється автоматично при повторному запуску системи кнопкою «ПУСК». Після з'ясування і усунення причини несправності необхідно деблокувати аварію, натиснувши кнопку «ПУСК» на передніх дверей щита, або дистанційно із SCADA системи. При цьому індикатор «Аварія» на двері

щита гасне і спалахує індикатор «РОБОТА». Поки індикатор «Аварія» на двері щита НЕ згасне, вентилятор припливного повітря запустити неможливо.

При виникненні несправності циркуляційного насоса водяного калорифера, загоряється індикатор «Аварія» на двері щита, при цьому циркуляційний насос повітрянагрівача відключається, а вентилятори продовжують працювати. Після усунення несправності циркуляційний насос запускається автоматично при повторному перезапуску системи.

У разі виникнення загрози обмерзання водяного калорифера по низькій температурі зворотного теплоносія, або по низькій температурі повітря після повітрянагрівача, загоряються індикатор «Аварія» на двері щита, при цьому вентилятор припливного повітря відключається, гасне індикатор «Робота» на двері щита, 3-х ходовий клапан відкривається на 100%, або на встановлене значення із меню налаштувань контролера. Якщо до виникнення аварії циркуляційний насос повітрянагрівача був відключений, то здійсниться його автоматичний запуск, якщо до виникнення аварії циркуляційний насос водяного калорифера був увімкнений, то він буде продовжувати працювати. після з'ясування і усунення причини несправності необхідно деблокувати аварію, натиснувши кнопку «ПУСК» на передніх дверях щита, або дистанційно із SCADA системи. При цьому індикатор «Аварія» на двері щита гасне і спалахує індикатор «РОБОТА». Поки індикатор «Аварія» на двері щита не згасне, вентилятор запустити неможливо.

Загроза обмерзання аналізується по повітряному термостата TS1 після повітрянагрівача і по датчику температури зворотного теплоносія TE3 після повітрянагрівача (аварія виникне в разі, якщо температура зворотної води падає нижче мінімальної, або температура повітря після водяного калорифера падає нижче встановленої на термостаті). Загроза заморожування аналізується в будь-яких режимах «Зима» або «Літо».

Аварія недогріву, виникає в разі, якщо в режимі «Зима», в кінці прогрівання водяного калорифера температура зворотного теплоносія не піднялася вище заданого значення. При виникненні даної аварії запуск вентилятора блокується і загоряється індикатор «Аварія» на двері щита. Зняття аварійної сигналізації «Недогрів» здійснюється автоматично при повторному перезапуску системи, при цьому індикатор «Аварія» на двері щита гасне і спалахує індикатор «РОБОТА» після цього вентилятори знову запускаються. Поки індикатор «Аварія» на двері щита не згасне, вентилятор запустити неможливо.

У разі засмічення фільтра в припливному або витяжному повітропроводах загоряється індикатор «Фільтр приплив» або «Фільтр витяжка» відповідно, розташовані на двері щита, при цьому вентилятори продовжують працювати, а електрокалорифер вимикається, якщо він працював. Для даної аварії деблокування не передбачено. Індикатори згаснуть після відключення вентиляторів.

#### 2.3.4 Захист та блокування

Автоматичні захисти призначені для запобігання аварії обладнання у випадку відхилення параметрів за допустимі границі. По змісту свого призначення захисні пристрої повинні бути більш надійними, ніж обладнання, яке вони захищають. Блокування реалізоване в тому, що не допускає самостійного ввімкнення в роботу системи регулювання після того, як було ліквідовано недопустимі або аварійні відхилення параметрів або після ліквідації наслідків зникнення струму в мережі живлення системи. При сигналізації параметрів рівня температури, перепаду тиску вентиляторів, обмерзання рекуператора чи водяного калорифера.

Автоматична система управління є дворівневою. Нижній рівень АСУ являє собою контролер (збирач даних) з вимірювальною та виконавчою апаратурою, що здійснює неперервне регулювання і програмно-логічне

управління, тобто на нижньому рівні виконуються функції контролю, регулювання, захисту та блокування.

Верхній рівень АСУТП – супервізорний. HMI/SCADA – система повинна реалізовувати наступні функції:

1. обмін даними з контролерами;
2. архівування даних;
3. візуалізація технологічного процесу у вигляді мнемосхем;
4. ведення історичних алармів і алармів реального часу;
5. побудова історичних трендів і трендів реального часу;
6. обчислення і видача завдання в контури регулювання.

Тобто на верхньому рівні реалізуються функції сигналізації, а також продубльовані функції регулювання, захисту та блокування.

## 2.4 Розробка структури ПТКЗА

Дана АСУ є дворівневою. Верхній рівень – супервізорного управління, нижній рівень – локального управління та збору інформації. Локальна система управління реалізовується на базі ПЛК. Основним елементом такої системи є програмно-логічний контролер, функцією якого є створення керуючої дії згідно заданого закону регулювання. Сигнали від давачів, зворотного зв'язку електричних приводів, вентиляторів заводяться на контролер через модулі вводу, а через модулі виводу здійснюється керуюча дія на ці приводи, насоси, вентилятори.

Розглянемо порівняльну характеристику контролерів різних фірм.

Таблиця 2.3 Порівняльна характеристика контролерів

Контролер	Входи	Виходи	Інтерфейс / протокол обміну	Програм не забезпеч ення	Ціна, грн
Siemens S7-	Вбудовані 8 DI, 2	Вбудовані 6 DO	ETHERN	Simatic	82922

1200 CPU 1212C, 6ES7 212- 1AE40-0XB0 6750 грн.	AI		ET/PROFI NET	Step7 Professional 1 24050 грн. WinCC v.14 Professional 1 23112 грн	грн.
	Модуль аналогового вводу 6ES7331-7KF02-0AB0 1 шт – 8 AI – 15080 грн				
	Модуль дискретного вводу 6ES7221-3BD30-0XB0 1 шт – 4 DI – 4456 грн				
	Модуль аналогового виводу 6ES7232-4HD32-0XB0 – 1шт – 4 AO – 5024 грн				
	Модуль дискретного виводу 6ES7222-1BD30-0XB0 1 шт – 4 DO – 4450 грн				
Schneider Electric Modicon M172 TM172ODM28 R 18900 грн.	Вбудовані 8 DI	Вбудовані 8 DO	ETHERN ET/TCP	Unity Pro software 11340 грн. Wonderw are InTouch 20250 грн	56646 грн.
	Вбудовані 8 AI	Вбудовані 4 AO			
	Модуль аналогового виводу 140ACO02000 – 1 шт – 4 AO – 2500 грн Модуль дискретного вводу-виводу SR3XT61BD 1 шт – 4 DI, 2 DO - 3656				
РАУТ МахуСон Flexy-S 9600 грн.	Вбудовані 8 DI	Вбудовані 10 DO	ETHERN ET/ MODBUS- RTU, MODBUS- TCP	РАУТ Qubix (free) SCADA- система ECM 6700 грн	21350 грн.
	Вбудовані 8 AI	Вбудовані 4 AO			
	Модуль розширення MC-s ADAD - 1 шт – 8 DI, 3 DO, 3 AO – 6050 грн				

Відповідно до таблиці, розглядалося три варіанти контролерів фірм Siemens, Schneider Electric, РАУТ . Серед них було обрано РАУТ. Оскільки система приточно-витяжної вентиляції не здійснює контроль високих

температур та інших параметрів які б могли нести пряму загрозу для життя людини, але повинна забезпечувати точність регулювання параметрів для нормальної роботи виробництва. Дану функцію забезпечують усі представлені контролери, тому за точністю регулювання контролери Siemens, Schneider Electric, PAUT знаходяться на одному рівні. Також система не потребує занадто складного інтерфейсу, тому доцільно використовувати SCADA-систему PAUT ECM, що містить в собі велику кількість готових елементів які використовуються для регулювання температури та вологості. Окрім того ПТКЗ PAUT є набагато дешевшою в порівнянні з представленими контролерами.

Порівнюючи контролери PAUT та Schneider Electric, варто зазначити, що PAUT має більше вбудованих дискретних і аналогових входів-виходів, що позбавляє необхідності встановлення модулів розширення, трирівневий парольний захист програм користувача, функцію обміну даними через MODBUS-RTU та MODBUS-TCP, наявність швидкодіючих входів апаратних переривань. SCADA-система PAUT ECM також дає нам ширші можливості ніж Schneider Electric в області вентиляції, що спрощує процес створення мнемосхеми за рахунок наявних готових елементів

Також модульна структура контролера PAUT дозволяє при виході з ладу одного з модулів розширення замінити його на аналогічний. До переваг даного контролера також можна віднести наявність симулятора, що дозволяє розробляти програмне забезпечення без необхідності знаходитись поруч з контролером.

Технічні характеристики обраного контролера PAUT FREEMAX MX-S2 [19]:

- Напруга живлення  $\sim 24 \text{ В}$ , 50 Гц,  $= 24 \text{ В}$
- Споживана потужність, не більше 10 Вт
- Програмування «Конфігуратор FBD» і стандартна мова програмування FBD за стандартом IEC 61131-3
- Обсяг пам'яті пам'ять для FBD-програм 192 кб

- пам'ять для графічного меню 1500 кб
- Входи аналогові Pt1000, Ni1000, (0-10) В, (4-20) мА або дискретні з внутрішнім джерелом живлення, не більше 5 Гц, тривалість імпульсу не менше 0.1 з 14 шт.
- Виходи аналогові - (0-10) В, опір завантаження не менш 20 кОм 6 шт. дискретні безпотенційні 6 А, ~ 220 В 10 шт.
- Інтерфейси RS-485 (протоколи MODBUS-RTU або UNIVERS) 1 шт.
- TP / FT-10 (протокол LonWorks) 1 шт.
- Ethernet (протокол MODBUS-TCP) 1 шт.
- Web-сервер працює при наявності в контролері Flash-карти формату SD і статичного IP-адреси
- Тип дисплея графічний кольоровий
- Тип клавіатури сенсорна
- Спосіб зв'язку з інтерфейсним модулем роз'єм з модулями розширення провідний інтерфейс
- Корпус Монтаж На DIN-рейку
- Ступінь захисту IP20
- Умови експлуатації температура, °C +5 ... +45, вологість (без конденсації), не більш% 80
- домішки агресивних парів, газів і аерозолів в навколишньому повітрі не припустимі
- Підключення провід, перетином не більше 1 мм<sup>2</sup>

Для розширення точок входу та виходу контролера використовуються наступні модуль розширення: модуль аналогового вводу/виводу MC-s ADAD.

Структурна схема ПТКЗА наведена рис. 2.10.



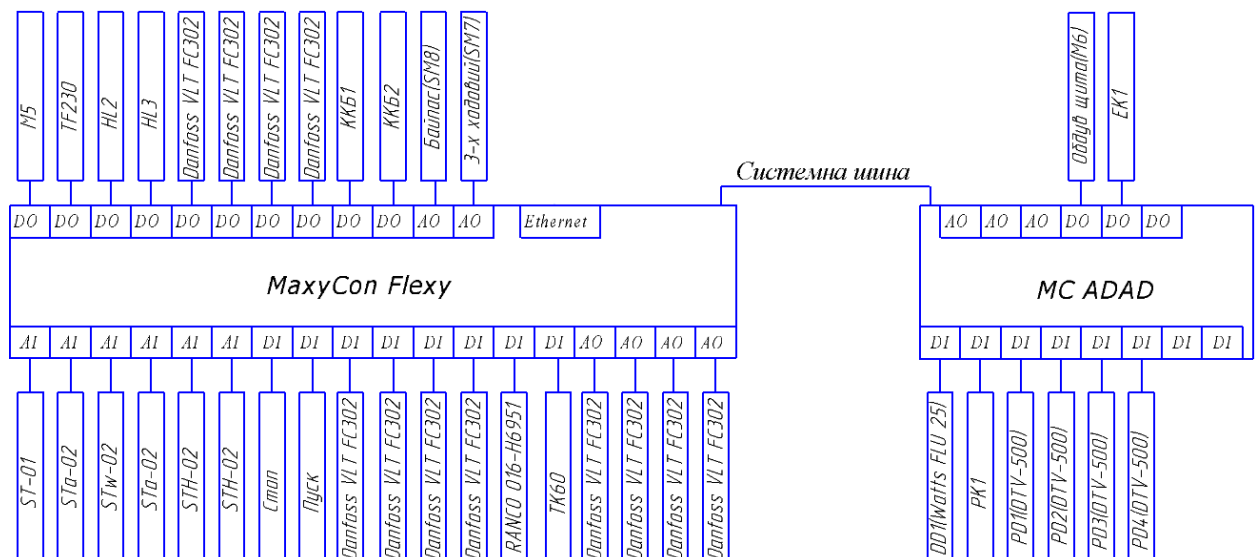


Рис. 2.10 Структурна схема ПТКЗА

До контролера підключено датчики температури та вологості повітря з сигналом Pt1000 та 0–10В, частотні перетворювачі, які видають керуючий сигнал 0-10В. Також підключений термоконттакт ТК60. До виходів контролера підключені електроприводи управління байпасною заслінкою та 3-х ходовим клапаном (0-10В), також електроприводи для управління приточними і витяжними заслінками, електричний двигун насоса нагрівача, частотні перетворювачі та ккб. До модулю розширення підключені пресостати (перепад тиску на фільтрах та вентиляторів) з сигналом 24В, пожежний контакт РК1 та датчик протока (стан насоса водяного нагрівача). До виходів підключені електро нагрівач та вентилятор для внутрішнього обдуву щита управління.

## **РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

### **3.1 Особливості застосування нечіткої логіки для управління мікрокліматом**

Побудова моделей об'єктів управління по типу того, як вони сприймаються і ідентифікуються людиною в повсякденному житті, використання їх в системах нечіткого управління з ціллю підвищення якості управління при зменшенні затрат ресурсів і енергії, а також забезпечить стійкість при впливанні на систему усіх можливих збурень, являється актуальною науковою проблемою [4].

В порівнянні з традиційними методами автоматизованого управління, застосування нечітких систем дозволяє оперативно виконувати аналіз отриманих даних і видавати результат з високою точністю. Характерною особливістю вирішення задач нечіткою логікою являється наявність деякого набору правил, що складаються з сукупності умов і дій [4].

Методи нечіткого управління на сьогоднішній день є одними із важливих етапів розвитку інтелектуальної технології, дозволяючи створювати високоорганізовані системи управління [4].

Серед причин використання Fuzzy-управління виділяють слідуючі [4]:

- Особливі якості системи управління з нечіткою логікою, а саме, мала чуттєвість до зміни параметрів об'єкта управління;
- Синтез системи управління з нечіткою логікою при використанні сучасних засобів апаратної та програмної підтримки не рідко являються більш простими, ніж синтез традиційних систем управління;

В основі системи управління з нечіткою логікою лежить теорія нечітких множин, де функція приналежності елемента множинні не бінарна (Так/Ні). Вона може приймати будь-які значення в діапазоні 0-1. Графічно функція приналежності, що є ймовірністю набуття деякою змінною певного

значення, може бути будь-якої форми (рис.3.1), але виділяють три основних форми: трикутну, трапецеїдальну та Z-подібну.

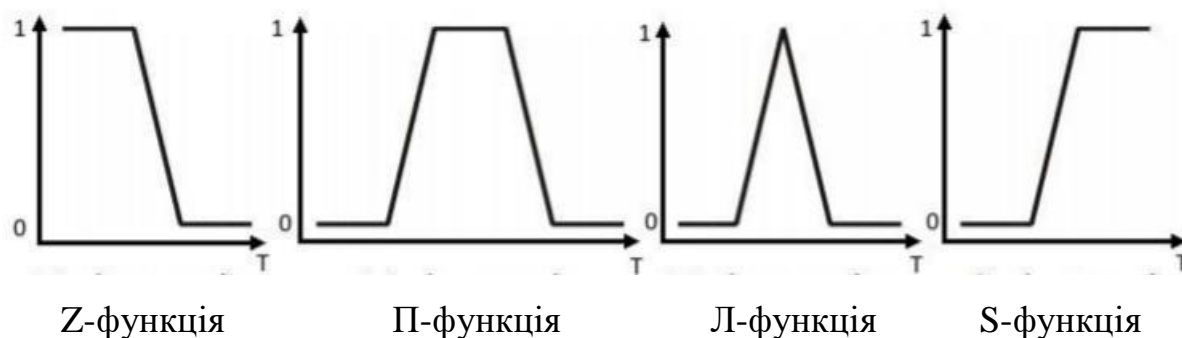


Рис. 3.1 Види функцій приналежностей та їх графічне представлення

Трапецеїдальна формула має такі особливості, при яких існує певна кількість значень «1» та два значення «0». Окремим видом трапецеїдальної форми є трикутна, але має лише одне значення – «1». Але ці функції мають два проміжки: на одному функція зростає, на іншому спадає. Z-подібна функція може бути спадаючою або зростаючою. Дзеркальною до Z-функції є зростаюча S-функція. Ці функції приналежності фактично представляють собою значення, які може приймати фізична величина. Було визначено, що над нечіткими множинами можна проводити логічні та арифметичні операції. Також є можливість будувати графіки візуального представлення логічних дій.

Регулятор який реалізує нечітку логіку містить в своєму складі такі частини: блок фазифікації, базу знань, логічний пристрій, блок дефазифікації (рис. 3.2).

Блок фазифікації перетворює чіткі величини, зміни на виході об'єкта управління, в нечіткі величини, що описуються лінгвіністичними перемінними.

Логічний пристрій використовує нечітку умову правил, закладених в базі даних, для перетворення нечітких входних даних в управляючу дію, яка носить також нечіткий характер.

Блок дефазифікації перетворює нечіткі данні з виходу блоку рішень в чітку величину, яка використовується для управління об'єктом.

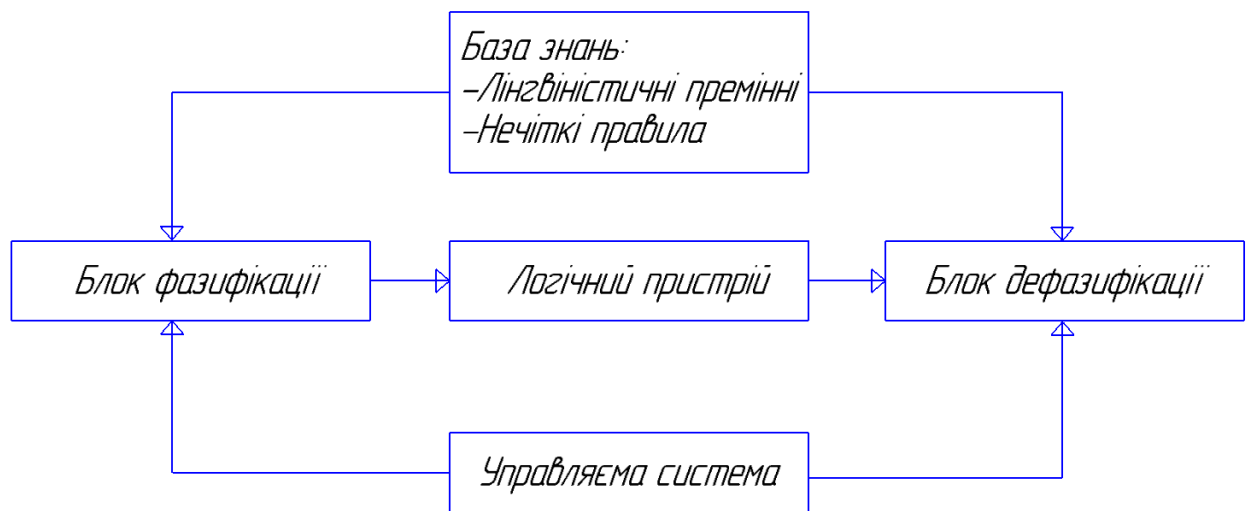


Рис. 3.2 Блок-схема регулятора, що реалізує нечітку логіку

Для утворення найбільш комфортного мікроклімату, по відношенню до необхідних параметрів, в виробничому приміщенні, використовується метод отримавший назву «нейрон та нечітка логіка».

Нейротехнологія – це нова технологія управління, в якій в якості моделі використовується нейронна система. Даний спосіб заключається в використанні параметру PMV (Predicted Mean Voice – передбачене усереднене голосування), визначаючий необхідні умови навколишнього середовища.

Система вимірює температуру в приміщенні і автоматично обирає режим роботи. Вибір базується на практичному аналізі – за еталон береться визначенні практичним шляхом дії, що відповідають логіці управління регулюючим органом в конкретному випадку. В якості вхідних параметрів використовуються фактори: температура, вологість, інтенсивність повітрообмінну і т.д.

### **3.2 Опис і реалізація алгоритму програмного забезпечення для регулятора нечіткої логіки в середовищі Qubix**

3.2.1 Регулятор нечіткої логіки для управління електрокалорифером, з-х ходовим клапаном водяного нагрівача та байпасною заслінкою рекуператора

Регулювання температури повітря в фармакологічному приміщенні та підтримання її на рівні заданого значення в літній період здійснюється за допомогою електрокалорифера та компресорно-конденсаційного блока. Компресорно-конденсаційний блок управляється дискретним сигналом і не потребує регулятора, управління електрокалорифером здійснюється ШИМ (широотно-імпульсна модуляція) за допомогою ПД регулятора.

В результаті цього в якості науково дослідницької роботи був реалізований регулятор нечіткої логіки для управління електрокалорифером. Отримані результати були порівнянні з ПД регулюванням.

Теплопродуктивність електрокалорифер визначається різницею між температурою заданою температурою та температурою притоку, відсоток відкриття 3-х ходового клапану також визначається різницею між температурою заданою та притоку, або між заданою температурою зворотнього теплоносія та поточною у випадку регулювання саме температури зворотнього теплоносія. Ця перемінна лінгвістично може бути представлення як «різниця температури»  $e(t)$ , і приймати значення «Мала», «Середня», «Велика», «Від’ємна мала», «Від’ємна середня», «Від’ємна велика». Чим більша різниця температур, тим більша теплопродуктивність електрокалорифера повинна бути, або тим більший відсоток відкриття 3-х ходового клапану повинен бути.

$$e(t) = T_{\text{зад}}(t) - T_{\text{поточ}}(t), \quad (3.1)$$

де  $T_{\text{зад}}$  – задане значення температури, °С,  $T_{\text{поточ}}$  – поточна температура, °С.

Другу лінгвістичну перемінну визначимо як «швидкість зміни температури» -  $\Delta e(t)$ , для якої дамо лінгвістичні перемінні «Мала», «Середня», «Велика», «Від’ємна мала», «Від’ємна середня», «Від’ємна велика». Якщо швидкість зміни температури мала, то необхідно велику теплопродуктивність, або великий відсоток відкриття клапану. По мірі

наближення температури в притокові до заданого значення швидкість зміни температури буде збільшуватись, а теплопродуктивність електрокалорифера, або відсоток відкриття клапану буде зменшуватись.

$$\Delta e(t) = (e(t) - e(t-1)) / (t - (t-1)) \quad (3.2)$$

де  $e(t)$  – початкова різниця температур, °C,  $e(t-1)$  – різниця температур в наступний момент часу, °C,  $t$  – початковий момент часу, с,  $t-1$  – наступний момент часу, с.

Теплопродуктивність являється вихідною змінною, якій присвоюються наступні терми: «Дуже мала», «Мала», «Середня», «Велика», «Дуже велика».

Відсоток відкриття 3-х ходового клапану являється вихідною змінною, якій присвоюються наступні терми: «Дуже малий», «Малий», «Середній», «Великий», «Дуже великий».

Зв'язок між входом і виходом занесемо в таблицю нечітких правил (таб. 3.1). Кожен запис відповідає своєму нечіткому правилу.

Визначимо для нечітких лівістичних перемінних  $e$ ,  $\Delta e$  нечітку множину з відповідними ідентифікаторами для функцій приналежності  $\mu(e)$ ,  $\mu(\Delta e)$ . Побудуємо дві функції приналежності. В одному випадку аргумент являється різницею температур ( $e$ ) (рис. 3.2), а в другому – швидкістю зміни температури ( $\Delta e$ ) (рис. 3.3). Для першої функції діапазон температур складає від -6 до 8 °C, для другої від -6 до 8 °C/с.

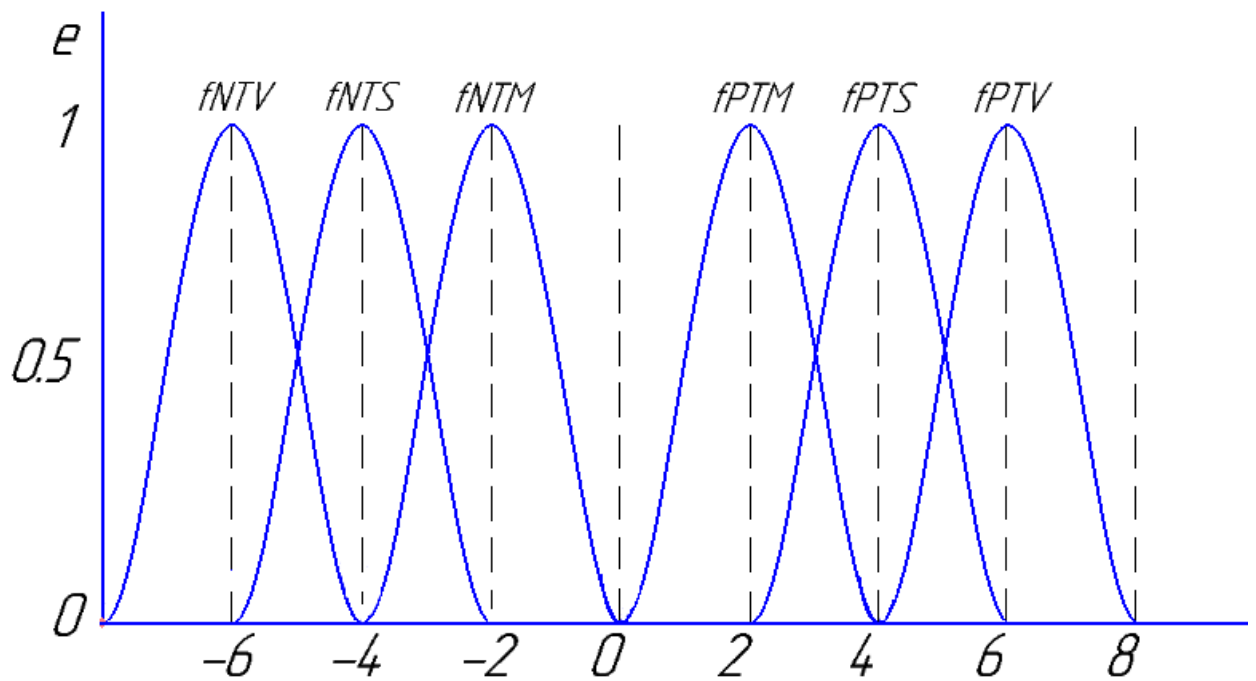


Рис. 3.2 Функція приналежності для лінгвістичної перемінної «різниця температур»

$f_{PTM}$  – додатня мала різниця температур - 2 °C;

$f_{PTS}$  – додатня середня різниця температур - 4 °C;

$f_{PTV}$  – додатня велика різниця температур - 6 °C;

$f_{NTM}$  – від’ємна мала різниця температур – (-2) °C;

$f_{NTS}$  – від’ємна середня різниця температур – (-4) °C;

$f_{NTV}$  – від’ємна велика різниця температур – (-6) °C;

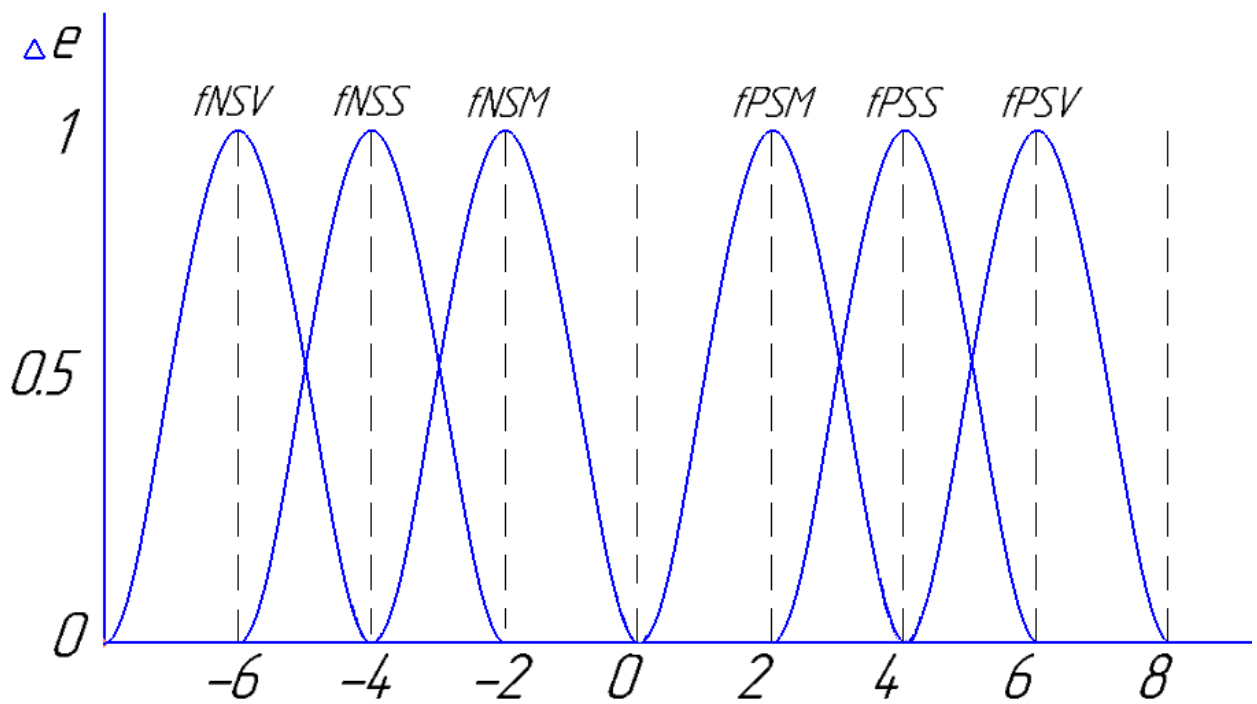


Рис. 3.3 Функція приналежності для лінгвістичної перемінної «швидкість зміни температури»

fPSM – додатня мала швидкість зміни температур – 0,016 °C/c;

fPSS – додатня середня швидкість зміни температури – 0,008 °C/c;

fPSV – додатня велика швидкість зміни температур – 0,005 °C/c;

fNSM – від’ємна мала швидкість зміни температур – (-0,016) °C/c;

fNSS – від’ємна середня швидкість зміни температури – (-0,008) °C/c;

fNSV – від’ємна велика швидкість зміни температур – (-0,005) °C/c.



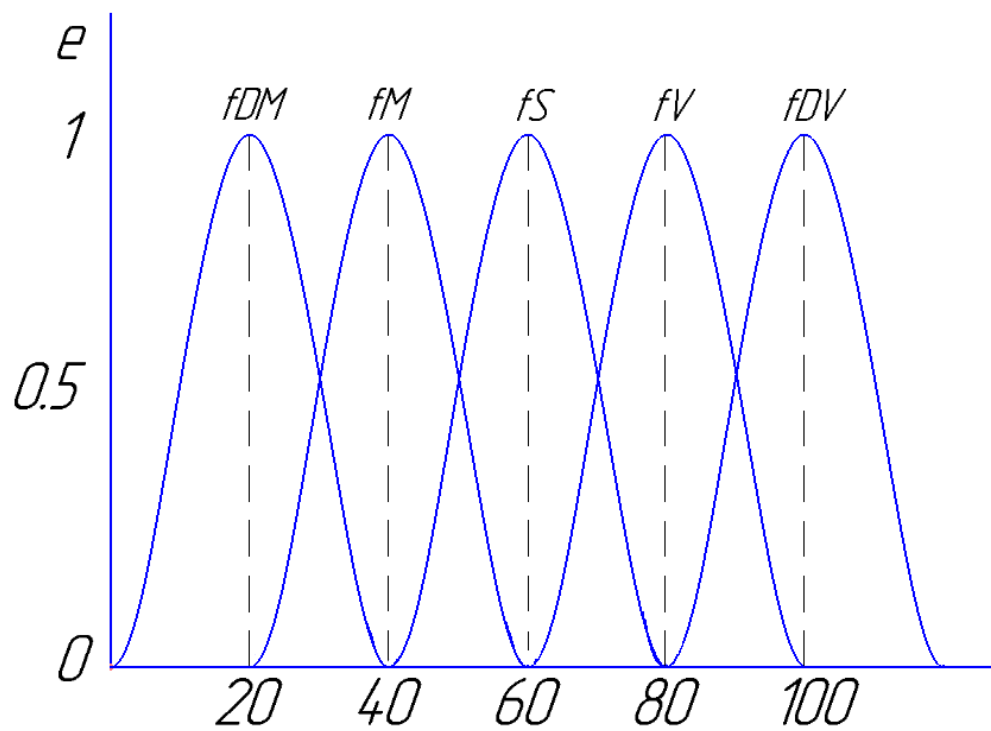


Рис. 3.4 Функція приналежності теплопродуктивності електрокалорифера, або відсоток відкриття 3-х ходового клапану

$f_{DM}$  – дуже мала теплопродуктивність електрокалорифера – 20%;

$f_M$  – мала теплопродуктивність електрокалорифера – 40%;

$f_S$  – середня теплопродуктивність електрокалорифера – 60%;

$f_V$  – велика теплопродуктивність електрокалорифера – 80%;

$f_{DV}$  – дуже велика теплопродуктивність електрокалорифера -100%.

Таблиця 3.1 Нечіткі правила

	Різниця температур					
Швидкість зміни температури	Мала	Серед ня	Велик а	Від'єм на мала	Від'єм на середн я	Від'єм на велика
Велика	fDM	fM	fS	-	-	-
Середня	fM	fS	fV	-	-	-
Мала	fS	fV	fDV	-	-	-
Від'ємна мала	-	-	-	fS	fV	fDV
Від'ємна середня	-	-	-	fM	fS	fV
Від'ємна велика	-	-	-	fDM	fM	fS

Всі правила функціонування зосереджені в блоці правил. Кожне значення в даній таблиці є відповідним рівнянням керування системи. Складені логічні рівняння керування – правила, які формують таблицю представлення в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Правила нечіткого управління

Різниця температур	Оператор	Швидкість зміни температури	Теплопродуктивність електрокалорифера
fPTM	AND	fPSV	fDV
fPTM	AND	fPSS	fM
fPTM	AND	fPSM	fS

fPTS	AND	fPSV	fM
fPTS	AND	fPSS	fS
fPTS	AND	fPSM	fV
fPTV	AND	fPSV	fS
fPTV	AND	fPSS	fV
fPTV	AND	fPSM	fDV
fNTM	AND	fPSM	fS
fNTM	AND	fPSS	fM
fNTM	AND	fPSV	fDM
fNTS	AND	fPSM	fV
fNTS	AND	fPSS	fS
fNTS	AND	fPSV	fM
fNTV	AND	fPSM	fDV
fNTV	AND	fPSS	fV
fNTV	AND	fPSV	fS

Регулятор з нечіткою логікою працює по такому принципу:

Дані від датчиків фазифікуються, обробляються та дефазифікуються, отриманні дані у вигляді сигналів надходять на регулюючий орган, теплопродуктивність, у випадку електрокалорифера, або відсоток відкриття 3-х ходового клапану, у випадку водяного нагрівача, буде змінюватись у відповідності з значенням функції приналежності.

Обробка результатів здійснюється за наступним алгоритмом: Для визначення приналежності вхідної перемінної до нечіткого правила використовується розподіляюча функція Гауса:

$$f(x; \sigma, \mu) = e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (3.3)$$

Де,  $\sigma$  – базис,  $\mu$  – нечітка перемінна навколо якої будується функція приналежності,  $x$  – вхідна перемінна.

За формулою (3.3) здійснюється визначення приналежності перемінної «різниця температур» та «швидкість зміни температури» до нечітких правил. Після цього визначаємо чітку вихідну змінну за формулою:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i * z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (3.4)$$

Де,  $z_i$  – вихідні нечіткі сигнали для кожного правила  $\alpha_i$  – логічна операція для поточного правила. В залежності від оператора AND, OR.  $\alpha_i$  дорівнює мінімальному значенню при порівнянні результатів функції (3.3) для поточних перемінних «різниця температур» та «швидкість зміни температури», якщо нечіткі правила співставляються за допомогою оператора AND (3.5), та максимуму якщо нечіткі правила співставляються за допомогою оператора OR (3.6).

$$\alpha_i = \min(\mu(e), \mu(\Delta e)) \quad (3.5)$$

$$\alpha_i = \max(\mu(e), \mu(\Delta e)) \quad (3.6)$$

Таким чином,  $Z$  із формули (3.4) представляє собою вихідне чітке значення, яке подається на регулюючий орган.

Відповідно до вказаних алгоритмів в середовищі розробки програмного забезпечення Qubix був розроблений регулятор нечіткої логіки для управління електрокалорифером та 3-х ходивом клапаном водяного нагрівача (рис 3.4). Для реалізації необхідного функціонування був інтегрований алгоритм визначення швидкості зміни температури та алгоритм роботи нечіткої логіки реалізований на C++ Script.



Рис. 3.4 Блок регулятора нечіткої логіки

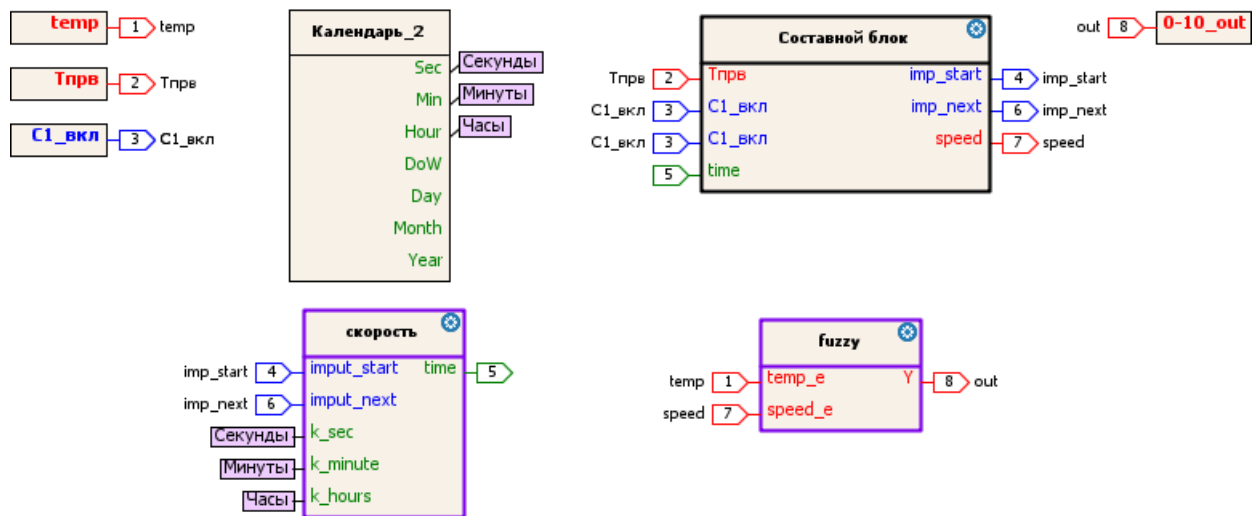


Рис. 3.5 Структура блока регулятора нечіткої логіки

Блок «Календар» визначає поточний час роз приділяючи його на години, хвилини та секунди. Дані значення необхідно для того, щоб визначати час початкової температури та в момент її зміни на 1 градус. Визначення швидкості здійснюється поділом різниці температур в один градус на час який був затрачений на зміну температури на один градус.

Блок «Составной блок» містить в собі блоки пам'яті, що запам'ятовують поточні значення температури та часу зміни температури (рис. 3.6), що необхідно для коректного визначення швидкості зміни температури та запам'ятовування попереднього значення до моменту зміни.

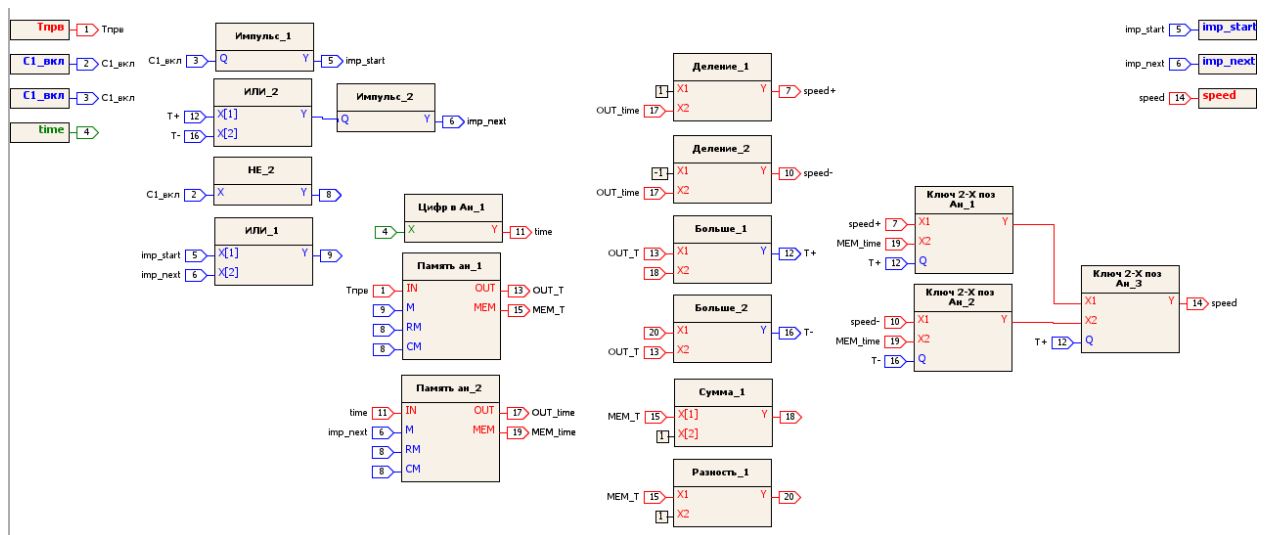


Рис. 3.6 Функціонал для обрахунку швидкості зміни температури

Блок «Пам'ять ан\_1» запам'ятовує попереднє значення температури. Після чого поточна температура порівнюється з значенням, що знаходиться в пам'яті. Коли поточне значення температури більше за попереднє на 1 градус, на блок «Пам'ять ан\_1» подається імпульс на вхід M і поточне значення температури записується в пам'ять.

Блок «Пам'ять ан\_2» запам'ятовує попереднє значення часу зміни температури. Що необхідно для запам'ятовування часу зміни до того як відбудеться наступна зміна температури.

Визначення часу, який був затрачений на те щоб температура змінилась на 1 градус здійснюється в блокові «Скорость» (рис. 3.7). Блок представляє собою інтеграцію коду написаного на C++Script в FBD.

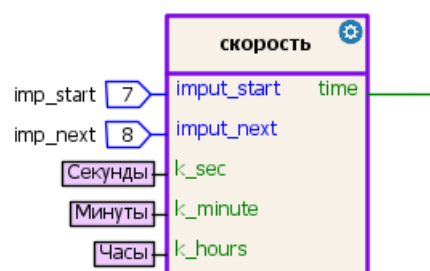


Рис. 3.7 Блок визначення часу зміни температури

Де, `imp_start` – для електрокалорифера: момент увімкнення електрокалорифера та момент фіксування першого значення температури в пам'яті, для водяного нагрівача: момент пуску системи, оскільки регулювання зворотнього теплоносія здійснюється завжди в зимній період, або у літній період, якщо користувачем данно дозвіл на роботу насоса; `imp_next` – момент зміни температури на 1 градус; `k_sec` – поточне значення секунд; `k_minute` – поточне значення хвилин; `k_hours` – поточне значення годин; `time` – час зміни температури на 1 градус.

```
{  
  
    //оголошення локальних перемінних  
  
    int sec = 60;  
  
    int start_hour; //для електрокалорифера: година увімкнення; для  
    водяного нагрівача: година пуску системи  
  
    int start_min; // для електрокалорифера: хвилини увімкнення; для  
    водяного нагрівача: хвилини пуску системи  
  
    int start_sec; // для електрокалорифера: секунди увімкнення; для  
    водяного нагрівача: секунди пуску системи  
  
    int next_hour; //година при змінні температури на 1 градус  
  
    int next_min; //хвилини при змінні температури на 1 градус  
  
    int next_sec; //секунди при змінні температури на 1 градус  
  
    // для електрокалорифера: визначаємо час початку роботи; для водяного  
    нагрівача: визначаємо час пуску системи, а також момент запису в пам'ять  
    значення температури  
  
    if ( input_start == true) {start_hour = k_hours; start_min = k_minute;  
    start_sec = k_sec;
```

```

//Приведення часу до секунд

int H_to_sec = start_hour*sec*sec;

int M_to_sec = start_min*sec;

int time_1 = H_to_sec + M_to_sec + start_sec;

}

//визначаємо час момент зміни температури на 1 градус

if ( input_next == true) {next_hour = k_hours; next_min = k_minute;
next_sec = k_sec;

//Приведення часу до секунд

int H_to_sec2 = next_hour*sec*sec;

int M_to_sec2 = next_min*sec;

int time_2 = H_to_sec2 + M_to_sec2 + next_sec;

time = time_2-time_1; //визначення часу зміни температури на 1 градус

time_1 = time_2; //присвоєння часу зміни температури на 1 градус як
початкове

}}

```

Реалізація логіки нечіткого управління здійснюється в блокові «Fuzzy», алгоритм роботи реалізований за допомогою C++Script (рис. 3.7).



Рис. 3.7 Блок реалізації нечіткої логіки



Де, temp\_e – поточне значення різниці температур між заданим значенням та поточним; speed\_e – поточна швидкість зміни температури; Y – вихідне сигнал управління електрокалорифером, або 3-х ходовим клапаном.

{

//потужність електрокалорифера, або відсоток відкриття 3-х ходового клапану

single fDM = 20; //Для електрокалорифера: дуже мала потужність, для 3-х ходового: дуже малий відсоток відкриття

single fM = 40; // Для електрокалорифера: мала потужність, для 3-х ходового: малий відсоток відкриття

single fS = 60; // Для електрокалорифера: середня потужність, для 3-х ходового: середній відсоток відкриття

single fV = 80; // Для електрокалорифера: велика потужність, для 3-х ходового: великий відсоток відкриття

single fDV = 100; // Для електрокалорифера: дуже велика потужність, для 3-х ходового: дуже великий відсоток відкриття

//Різниця заданої температури та поточної

single fPTM = 2; //Мала додатня різниця температур

single fPTS = 6; // Середня додатня різниця температур

single fPTV = 8; // Велика додатня різниця температур

single fNTM = -2; //Мала від'ємна різниця температур

single fNTS = -6; // Середня від'ємна різниця температур

single fNTV = -8; // Велика від'ємна різниця різниця температур

//Швидкість зміни температури

single fPSM = 0.016; //Велика додатня швидкість зміни температури

single fPSS = 0.008; //Середня додатня швидкість зміни температур

single fPSV = 0.005; //Мала додатня швидкість зміни температур

single fNSM = -0.016; //Мала від'ємна швидкість зміни температур

single fNSS = -0.008; // Середня від'ємна швидкість зміни температур

single fNSV = -0.005; // Велика від'ємна швидкість зміни температур

//кількість правил

int numberrules = 18;

single rules[18][4];

//     temp\_e            operator            speed\_e            out

rules[0][0] = fPTM; rules[0][1] = 0; rules[0][2] = fPSV; rules[0][3] = fDV;

rules[1][0] = fPTM; rules[1][1] = 0; rules[1][2] = fPSS; rules[1][3] = fM;

rules[2][0] = fPTM; rules[2][1] = 0; rules[2][2] = fPSM; rules[2][3] = fS;

rules[3][0] = fPTS; rules[3][1] = 0; rules[3][2] = fPSV; rules[3][3] = fM;

rules[4][0] = fPTS; rules[4][1] = 0; rules[4][2] = fPSS; rules[4][3] = fS;

rules[5][0] = fPTS; rules[5][1] = 0; rules[5][2] = fPSM; rules[5][3] = fV;

rules[6][0] = fPTV; rules[6][1] = 0; rules[6][2] = fPSV; rules[6][3] = fS;

```

rules[7][0] = fPTV; rules[7][1] = 0; rules[7][2] = fPSS; rules[7][3] = fV;
rules[8][0] = fPTV; rules[8][1] = 0; rules[8][2] = fPSM; rules[8][3] = fDV;
rules[9][0] = fNTM; rules[9][1] = 0; rules[9][2] = fPSM; rules[9][3] = fS;
rules[10][0] = fNTM; rules[10][1] = 0; rules[10][2] = fPSS; rules[10][3] = fM;
rules[11][0] = fNTM; rules[11][1] = 0; rules[11][2] = fPSV; rules[11][3] = fDV;
rules[12][0] = fNTS; rules[12][1] = 0; rules[12][2] = fPSM; rules[12][3] = fV;
rules[13][0] = fNTS; rules[13][1] = 0; rules[13][2] = fPSS; rules[13][3] = fS;
rules[14][0] = fNTS; rules[14][1] = 0; rules[14][2] = fPSV; rules[14][3] = fM;
rules[15][0] = fNTV; rules[15][1] = 0; rules[15][2] = fPSM; rules[15][3] = fDV;
rules[16][0] = fNTV; rules[16][1] = 0; rules[16][2] = fPSS; rules[16][3] = fV;
rules[17][0] = fNTV; rules[17][1] = 0; rules[17][2] = fPSV; rules[17][3] = fS;

```

```

single summ_alpha_rule = 0, summ_alpha = 0;

```

```

for(int i = 0; i < numberrules; i++){

```

```

    single alpha = 0, mu_temp_e = 0, mu_speed_e = 0;

```

```

    //Ступінь відповідності помилки нечіткому параметру temp_e для i-
    го правила

```

```

    mu_temp_e = exp(-(pow(temp_e-rules[i][0],2)/(2*pow(30,2))));

```

```

    // Ступінь відповідності помилки нечіткому параметру speed_e для
    i-го правила

```

```

    mu_speed_e = exp(-(pow(speed_e-rules[i][2],2)/(2*pow(30,2))));

```

```

    // застосування логічного оператора AND/OR

```

```

    if (rules[i][1]==0){

        if ( mu_temp_e < mu_speed_e) alpha = mu_temp_e; else alpha =
mu_speed_e;

        }else{

            if ( mu_temp_e > mu_speed_e) alpha = mu_temp_e; else alpha =
mu_speed_e;

            }

        // чисельник та знаменник для дискретного варіанта центроїдного
метода переведення до чіткості

        summ_alpha_rule += (alpha*rules[i][3]);

        summ_alpha += alpha;

    }

    // обрахування необхідної теплопродуктивності електрокалорифера,
або відсотка відкриття 3-х ходового клапану

    Y = (summ_alpha_rule)/(summ_alpha);

}

```

### 3.2.2 Тестування в кліматичній камері. Порівняння роботи ПД регулятора та регулятора нечіткої логіки

Для порівняння роботи системи з ПД регулятором та регулятором нечіткої логіки, приточно-витяжна система проходила перевірку в кліматичній камері.

Ціль тестування – здійснити регулювання температури приміщення в літній період за допомогою електрокалорифера.

В першому випадку управління електрокалорифером здійснювалось за допомогою класичного ПД регулятора (рис. 3.8). Для знаходження оптимальних параметрів регулятора був здійснений розрахунок методом РАФХ та експрес методом по передаточних функціях об'єкта управління (додаток А).

Отримані параметри регулятора:

Внутрішнього контура:  $K_p = 3,7$ ,  $T_i = 20,3$ ,  $T_d = 0$ .

Зовнішній контур:  $K_p = 1,85$ ,  $T_i = 60,9$ ,  $T_d = 0$ .

За отриманими результатами були розраховані прямі показники якості, що представлені в таблиці 3.2.

В другому випадку управління електрокалорифером здійснювалось за допомогою регулятора нечіткої логіки (рис. 3.9). За результатами тестування були розраховані прямі показники якості, що представлені в таблиці 3.3.

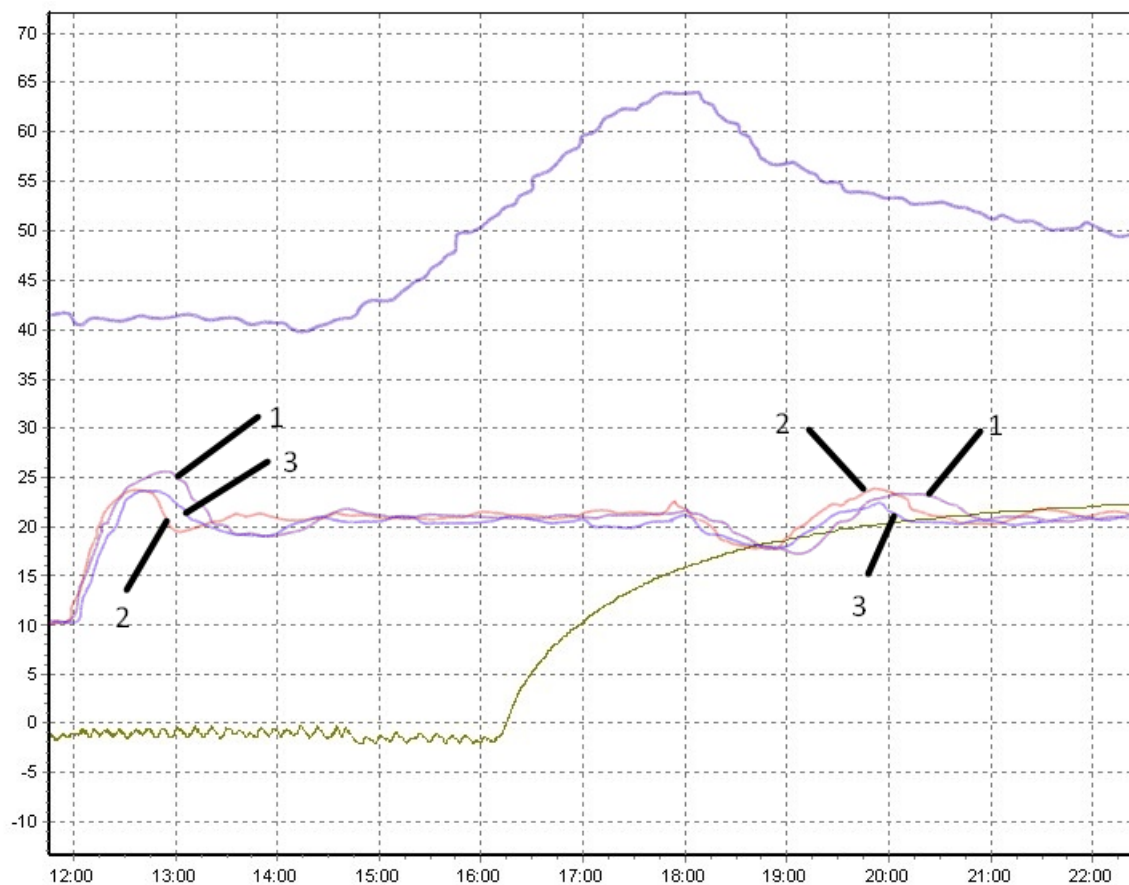


Рис. 3.8 Графік регулювання температури в приміщенні за допомогою електрокалорифера з ПІД регулятором

Таблиця 3.2 Прямі показники якості

Критерії	Значення ПІД регулятора		
	1-Тоб = 230	2-Тоб=200	3-Тоб=170
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	3,5	1,5	1,4
Час регулювання, с	2 год 10 хв	1 год 41 хв	2 год
Степінь затухання	0,85	0,86	0,64
Перерегулювання, %	15,9	7,2	6,3

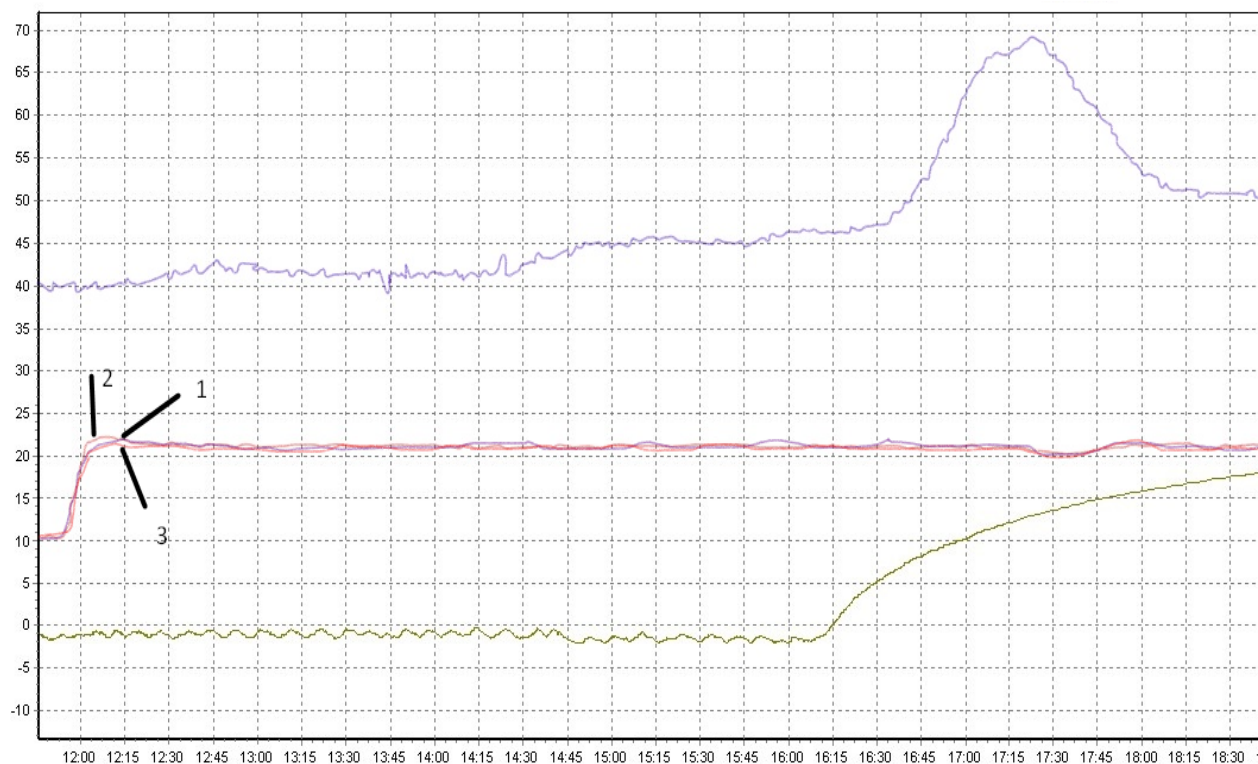


Рис. 3.9 Графік регулювання температури в приміщенні за допомогою електрокалорифера з регулятором нечіткої логіки

Таблиця 3.3 Прямі показники якості

Критерії	Значення fuzzy регулятора		
	1-Тоб = 230	2-Тоб=200	3-Тоб=170
Статична похибка	0	0	0
Динамічна похибка	0,5	0,4	0,3
Час регулювання, с	25 хв	26 хв	25 хв
Степінь затухання	0,8	0,8	0,8
Перерегулювання, %	1,7	1,8	1,8

Отже з графіків перехідних характеристик видно, що використання регулятора з нечіткою логікою є доцільним. Час регулювання системи з

таким типом регулятора у 5 разів менший ніж з класичним ПД регулятором, мінімізується перерегулювання системи, ще є важливим для приміщень фармакологічного виробництва, оскільки процес виготовлення препаратів не допускає сильного відхилення температури від встановлених норм.

Перевагою використання регулятора нечіткої логіки є те, що система здатна швидко здійснювати коректне регулювання при різних збуреннях, які можуть траплятися на об'єкті, а також зміни його параметрів, а саме: створення протягу за рахунок не закриття дверей, відкриття вікон, зміна внутрішнього планування приміщення і тд., на що класичному ПД регулятору необхідно набагато більше часу, щоб врегулювати необхідний параметр до визначеної норми.



## **РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ**

### **4.1 Порядок програмування контролера та обмін даними з верхнім рівнем автоматизації**

Основою нижнього рівня системи автоматизації є контролер РАУТ МахуCon Flexy-S. Для програмування контролера використовується система програмування РАУТ Qubix.

Програмування контролера відбувається за наступними етапами:

- 1) Запуск РАУТ Qubix.
- 2) Створення нового проекту: Create new project, де можемо самі ввести назву проекту або скористатися запропонованою назвою.
- 3) Далі у вікні вибору контролера обираємо МахуCon Flexy-S.
- 4) У властивостях контролера обираємо модуль розширення MC-s ADAD та підтверджуємо вибір.
- 5) Після встановлення налаштувань переходимо в робоче поле, де здійснюється написання програми. Доступні мови для програмування FBD та ST, що визначені стандартом IEC 61131-3.
- 6) В меню Бібліотека блоків знаходяться 3 типа блоків: Блоки користувача – входи/виходи блоку та функціонал визначає користувач; Макроблоки – це стандартні блоки з готовими алгоритмами управління для окремих елементів вентиляційних систем; Стандартні блоки – блоки що містять в собі допоміжні операції: математичні, логічні функції, перемикачі, компаратори і т.д.
- 7) Для завантаження програми в контролер необхідно сконфігурувати програму в середовищі Qubix, після чого натиснути на значок Добути вихідну програму, та зберегти файл на SD-карту, яка вставляється в контролер для оновлення програмного забезпечення, або під'єднавшись за допомогою Ethernet ввівши IP адрес контролера.

Розробка функцій нижнього рівня системи автоматизації. Реалізація регулювання температури повітря:

- значення температури вимірюється датчиками температури STa-02 з виходом Pt1000 та STH-02 з уніфікованим виходом 0-10В;
- сигнали передається на входи контролера аналогових ввідів;
- в контролері реалізована каскадна схема управління, регулятори – Fuzzy регулятори;
- дискретні сигнали 24В замикає електромагнітні реле РК-4PR передаючи сигнал на електроприводи зовнішніх заслінок та заслінок вентиляторів, аналоговий сигнал 0-10В передається на частотний перетворювач Danfoss VLT FC302 на вентилятор, на електропривід байпасної заслінки рекуператора LM 24A SR TP, після чого в літній період контролер зв'язаний системною шиною з модулем розширення MC-s ADAD, з нього дискретний сигнал 24В подається на магнітний контактор LC1E1210B5 для передачі сигналу на електронагрівач НК 500х250-12,0-3 У, в зимній період дискретний сигнал 24В від контролера замикає електромагнітне реле РК-4PR для передачі сигналу на увімкнення насоса водяного нагрівача, після чого аналоговий сигнал 0-10В подається на електропривід 3-х ходового клапана Belimo LR24A-SR;

Реалізація регулювання температури повітря за допомогою водяного нагрівача :

- значення температури вимірюється датчиками температури STa-02 з виходом Pt1000 та STH-02 з уніфікованим виходом 0-10В, значення температури зворотнього теплоносія вимірюється датчиком STw-02 з виходом Pt1000;
- сигнали передаються на входи контролера аналогових ввідів;
- в контролері реалізована одноконтурна схема управління по температурі зворотнього теплоносія – регулятор нечіткої логіки, та каскадна схема управління по температурі повітря, регулятор нечіткої логіки;

- дискретний сигнал 24В від контролера замикає електромагнітне реле РК-4PR для передачі сигналу на увімкнення насоса водяного нагрівача, після чого максимальний із двох аналоговий сигнал 0-10В (порівнюються виходи одноконтурної та каскадної схеми) подається на електропривід 3-х ходового клапана Belimo LR24A-SR

Реалізація регулювання вологості повітря

- значення вологості повітря вимірюється датчиком вологості STH-02 з уніфікованим вихідним сигналом 0-10В;
- сигнал передається на вхід контролера аналогового вводу;
- в контролері реалізована одноконтурна схема управління, регулятор – ПІ регулятор. При виході ПІ регулятора більше 1% подається сигнал дозволу на увімкнення ККБ;
- контролер передає замикає електромагнітне реле РК-4PR для передачі дискретного сигналу 24В на ККБ1 FB4BSF048L00, якщо через певний час вологість повітря не падає менше заданого значення, замикається друге електромагнітне реле РК-4PR для передачі дискретного сигналу 24В на ККБ2 FB4BSF048L00.

Порядок створення SCADA-програми, взаємодія з нижнім рівнем автоматизації:

Основою супервізорного рівня системи керування є SCADA-система. SCADA -система в даній роботі реалізує відображення мнемосхеми технологічного процесу та значень технологічних параметрів, виконує архівацію всіх технологічних параметрів, реєстрацію спрацювання технологічної сигналізації, обмін даними з контролером.

Для створення SCADA-системи використовуємо середовище розробки PAUT ECM.

Програмний комплекс ECM являє собою необхідні засоби для керування процесами в операційних системах. Ця програмна область дозволяє створювати звіти, реєструвати значення вимірюваних величин, фіксувати і архівувати дані, керувати користувачами та правами їх доступу.

Також середовище підтримує постійний контроль якості, тобто відбувається контролювання і слідкування, змінювання кожної операції та події. Окрім того РАУТ ЕСМ містить в собі широкий асортимент бібліотеки, засоби для обробки масивів даних, зручний об'єктно-орієнтований графічний модуль з індивідуальними налаштуваннями.

Програмне забезпечення дає змогу користувачу ряд унікальних інтерфейсів та редакторів, як використовуються для персонального визначення можливостей проекту. Основні з них:

- Редактор кадрів процесів та діалогових вікон;
- Конфігурація системи архівування;
- Модуль системи оперативних та аварійних повідомлень.
- Створення протоколів за вказаний період часу

SCADA-програма складається з таких діалогових вікон з необхідними елементами навігації, відображення та зберігання параметрів технологічного процесу:

1. Вікно мнемосхеми – вікно із схематичним зображенням технологічного об'єкту управління та його значень технологічних параметрів у відповідних точках.
2. Вікно трендів технологічних параметрів реального часу – графічне відображення поточної зміни технологічних параметрів.
3. Вікно історичних трендів технологічних параметрів – графічне відображення зміни технологічних параметрів на відповідному проміжку часу. Значення технологічних параметрів архівується у внутрішніх базах даних.
4. Вікно алармів реального часу – поточне сповіщення про ступінь відхилення технологічних параметрів від номінального.
5. Вікно історичних аварій – архів аварій за відповідний проміжок часу з налаштуванням архівації історичних аварій.

SCADA-система в даній роботі реалізовує такі функції:

- обмін даними з нижнім рівнем ПТКЗА налаштуваннями програмного забезпечення;
- наглядне відображення роботи технологічного об'єкту у вікні мнемосхеми зі значеннями технологічних параметрів та надання можливості керування окремими елементами об'єкту;
- відображення трендів та фіксування аварій у відповідних діалогових вікнах забезпечують відслідковування та сповіщення недопустимих значень технологічних параметрів.

Перераховані функції забезпечують повноцінне функціонування SCADA-програми в рамках верхнього рівня ПТКЗА, оскільки забезпечують повне інформаційне забезпечення оператора про стан технологічного процесу та реалізують відповідні можливості дистанційної взаємодії оператора з технологічним об'єктом.

## **4.2 Опис програмного забезпечення локального рівня ПТКЗА**

Програмне забезпечення локального рівня ПТКЗА створено за допомогою середовища програмування контролерів PAUT QUBIX 2.14.

Нижче наведені елементи коду виконаного мовою FBD.

Програма розбита на декілька блоків які містять в собі функціонал для відповідного елемента системи, для налаштування системи розроблені інженерні меню, які відображаються на екрані контролера, а також дублюються у веб-інтерфейсі при підключенні за допомогою Ethernet кабелю (додаток Б).

Загальний вигляд системи (рис. 4.1).

Для кращого сприйняття, було прийнято рішення забрати відображення ліній зв'язку і залишити назви у вигляді посилань, при натисненні на яких здійснюється підсвічення лінії зв'язку.

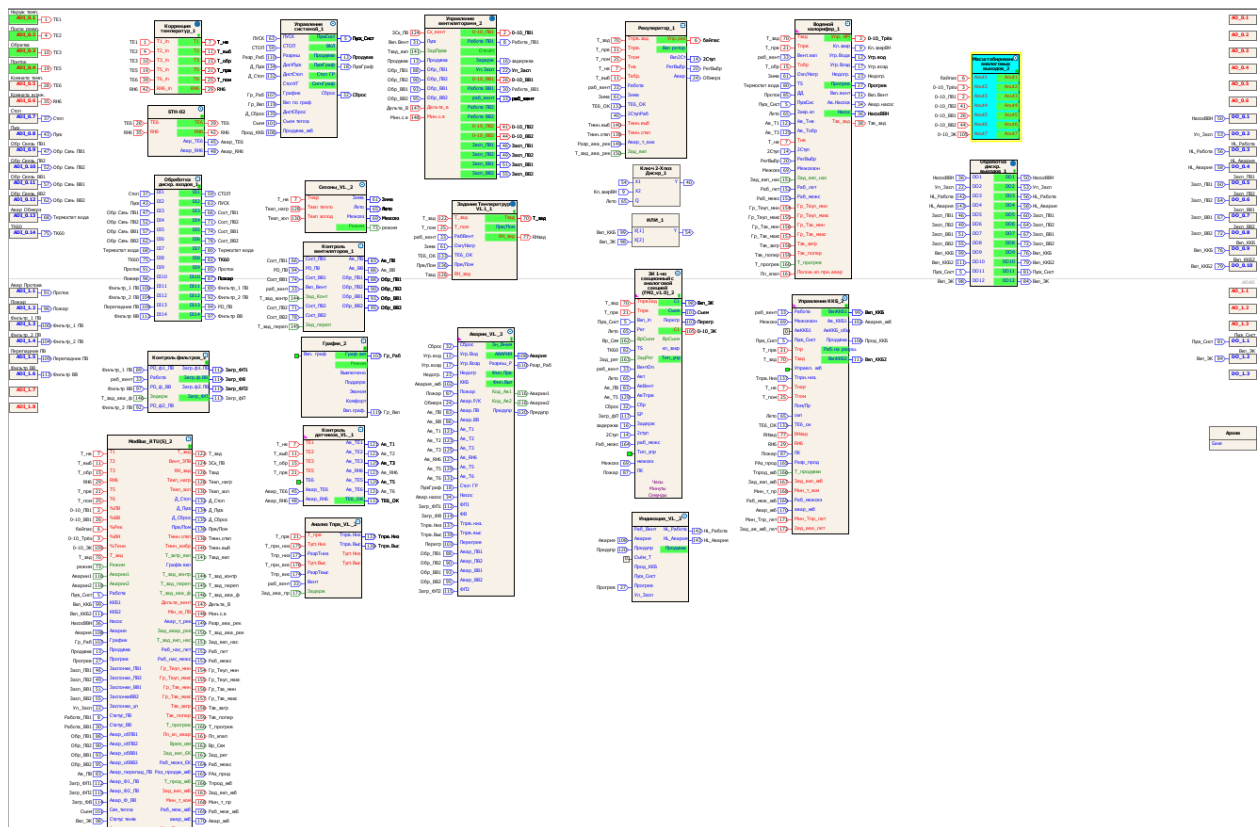


Рис.4.1 Загальний вигляд системи управління приточно-витяжною вентиляцією для регулювання мікроклімату промислового приміщення фармакологічного виробництва

Для зручності в навігації по коду програми, та для розуміння логіки, програма була розбита на такі окремі блоки:

Блок корекції температур (рис. 4.2).



Рис. 4.2 Блок корекції температур

В блокові здійснюється коректування аналогових входів (рис. 4.3). Це необхідно для того, щоб задати зміщення показників датчика на необхідне значення. Відповідні налаштування можуть бути необхідними при пуско-наладці інженером, для яких передбачено відповідне меню (додаток Б).

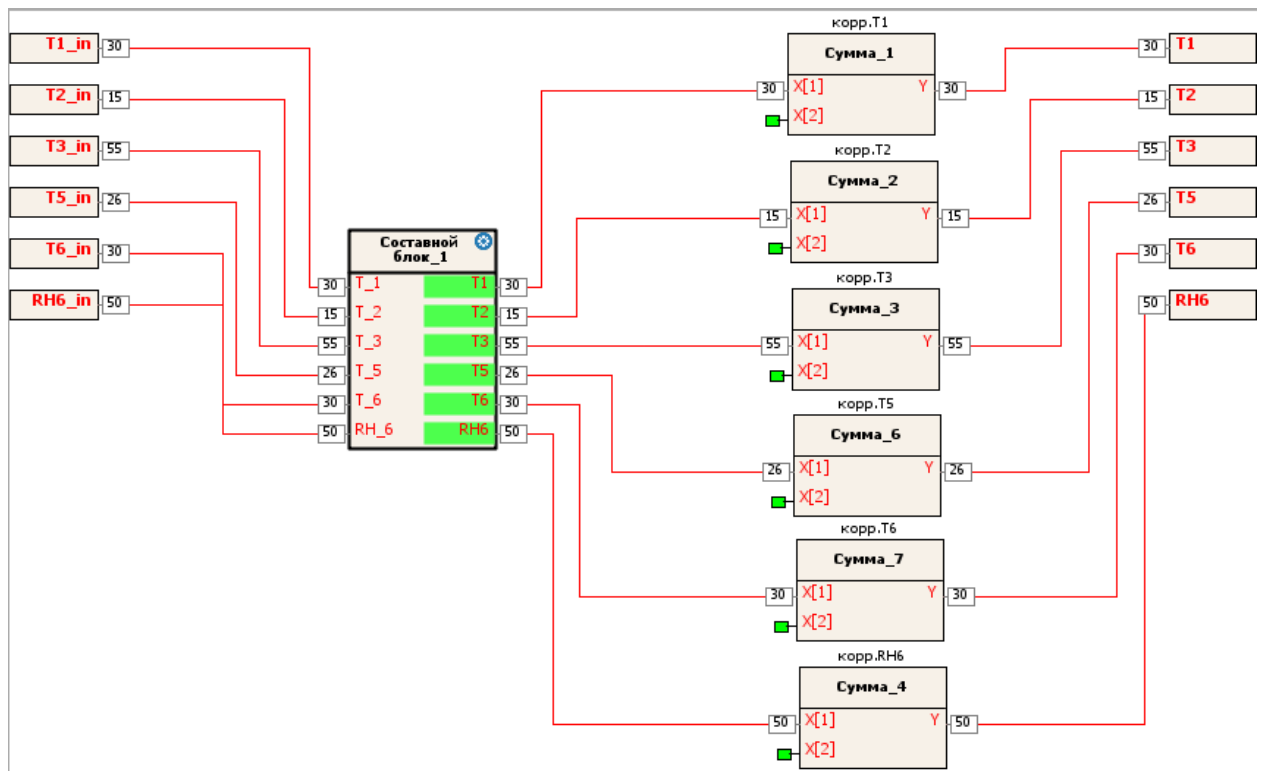


Рис. 4.3 Алгоритм роботи блоку корекції температур

Блок налаштування датчика STH-02 (рис. 4.4).

Комбінований датчик температури та вологості STH-02 має вихідний сигнал 0-10 В. В блокові здійснюється переведення вхідного сигналу 0-10 В в градуси для подальшої роботи з показниками та відслідковується обрив датчика, якщо його вхідний сигнал менше 0,1 В (рис. 4.5). Налаштування меж вимірювання датчика здійснюється за допомогою меню (додаток Б).

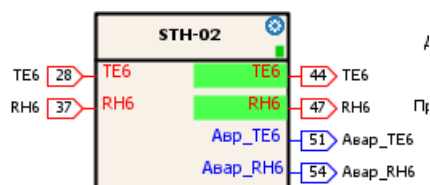


Рис. 4.4 Блок налаштування датчика STH-02

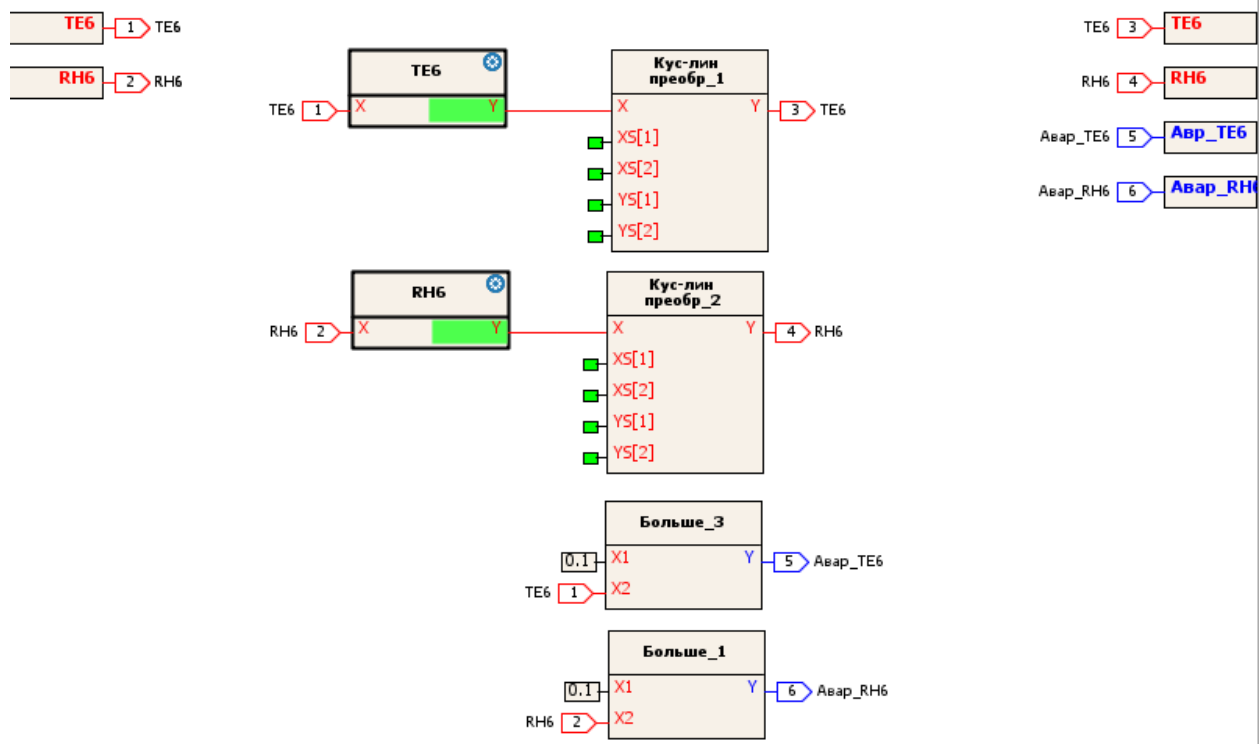


Рис. 4.5 Алгоритм роботи блоку налаштування STN-02

Блок обробки дискретних входів (рис. 4.6).

Блок містить алгоритм який дозволяє інвертувати вхідний дискретний сигнал: прямий, інверсний. Що необхідно в деяких випадках використання системи, або при пуско-налагодженні. Здійснюється за допомогою блоку Ключ\_2-X поз Дискретний: якщо,  $Q=0$ ,  $Y = X2$  (прямий), якщо,  $Q=1$ ,  $Y = X1$  (інверсний) (рис. 4.7). Налаштування дискретних входів здійснюється в відповідному меню (додаток Б).

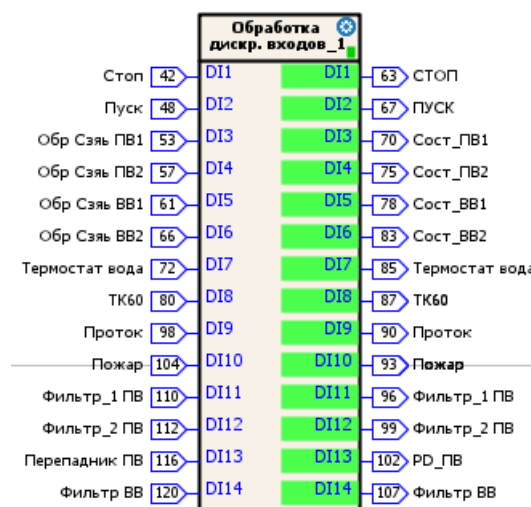


Рис. 4.6 Блок обробки дискретних входів



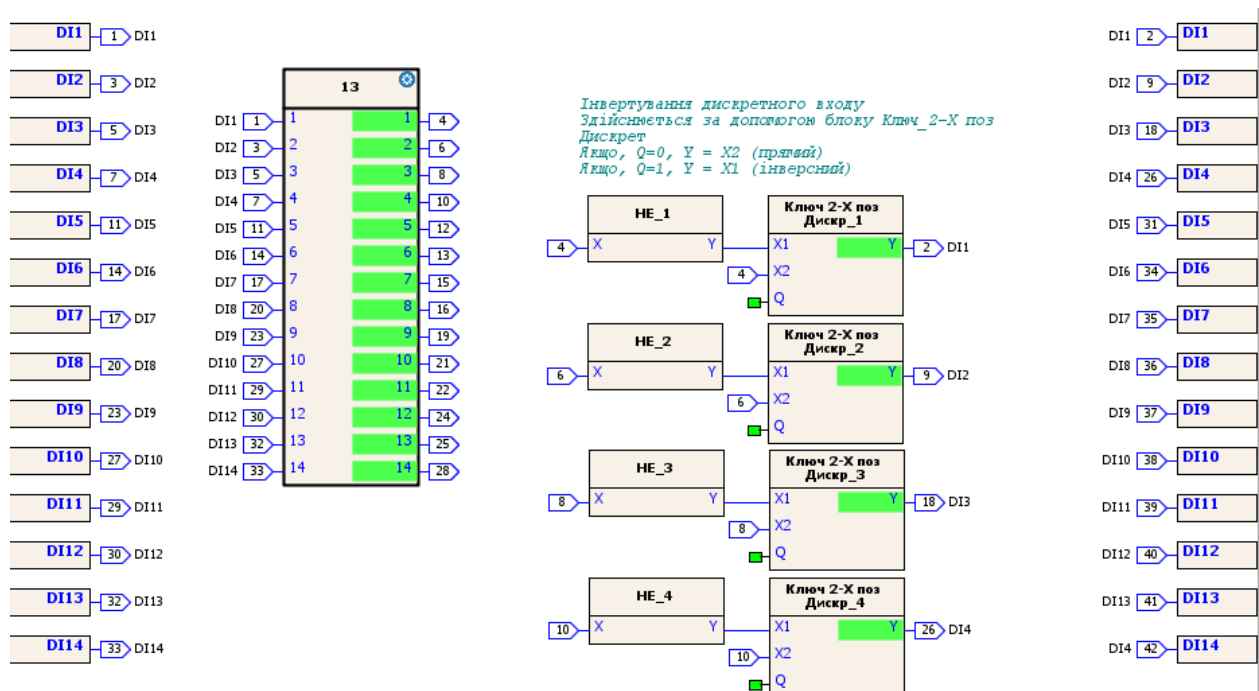


Рис. 4.7 Алгоритм роботи блоку обробки дискретних входів

Блок контролю фільтрів (рис. 4.8).

Контроль забруднення фільтрів здійснюється за допомогою перепаду тиску. Якщо на фільтрі наявний перепад тиску вище встановленого значення і система працює, то здійснюється затримка 30 с на увімкнення аварії, що необхідно для того, щоб уникнути поміх (рис. 4.9). Налаштування затримки аварії фільтрів здійснюється в відповідному меню (додаток Б).

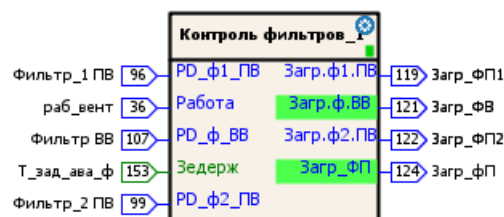


Рис. 4.8 Блок контролю фільтрів

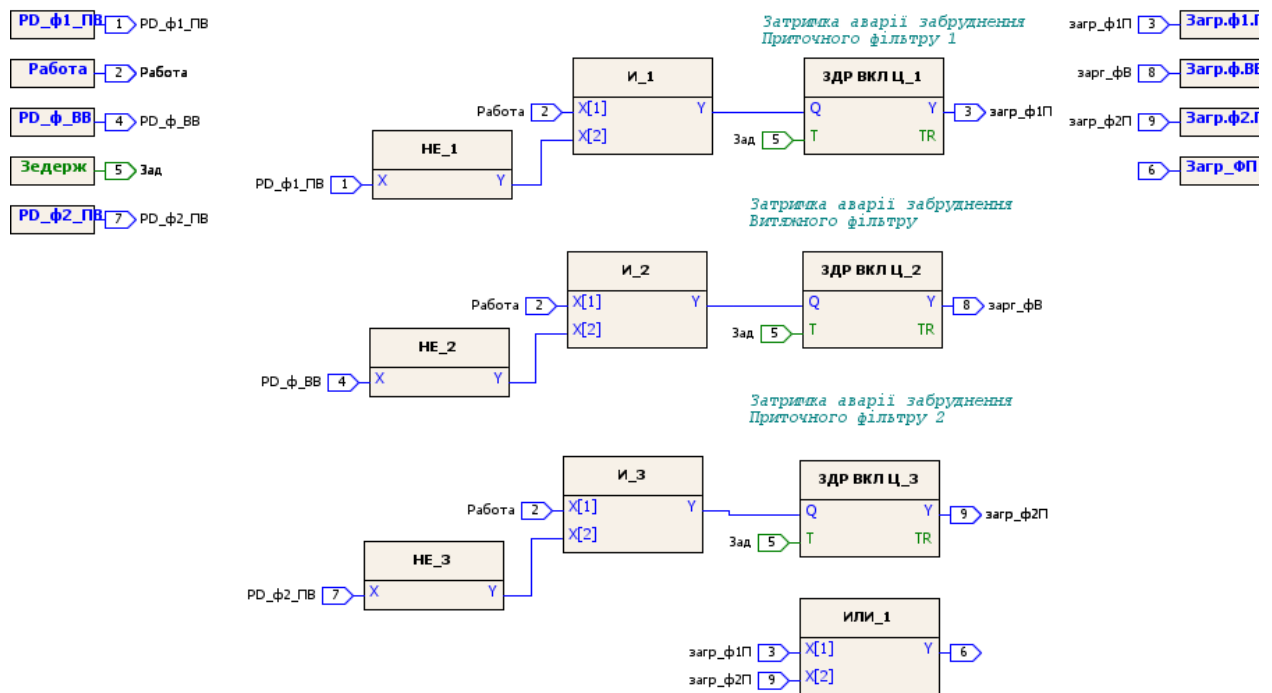


Рис. 4.9 Алгоритм роботи блоку контролю фільтрів

Блок управління системою (рис. 4.10).

В блокові управління системою реалізований алгоритм запуску системи при натисненні кнопки Пуск на щиті управління, або дистанційно з SCADA системи, а також рестарт системи, що необхідно при недостатньому прогріву водяного нагрівача перед запуском в зимній період. Даний алгоритм реалізуються в внутрішньому блокові «Блок Пуска» (рис. 4.11). Відбувається записування в пам'ять поточного стану системи і якщо рестарт дозволений відбувається автоматичний повтор прогріву водяного нагрівача якщо одного разу було недостатньо (рис. 4.12). Отрим цього також в середині блока реалізовано запуск роботи по графіку, коли в відповідному пункті меню (додаток А), або дистанційно з SCADA системи обрано роботу по графіку (рис. 4.13). При роботі по графіку система відслідковує натиснення кнопки Стоп, якщо кнопка була натиснута подається сигнал попередження Стоп Гр, який на головній мнемосхемі (додаток А), попереджає про завчасне завершення роботи по графіку

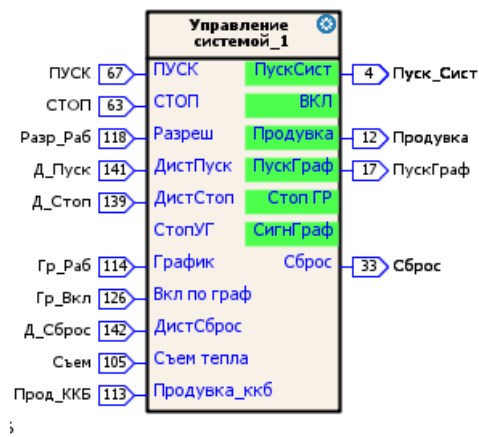


Рис. 4.10 Блок управління системою

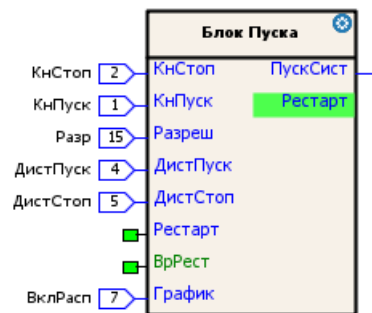


Рис. 4.11 Блок пуска

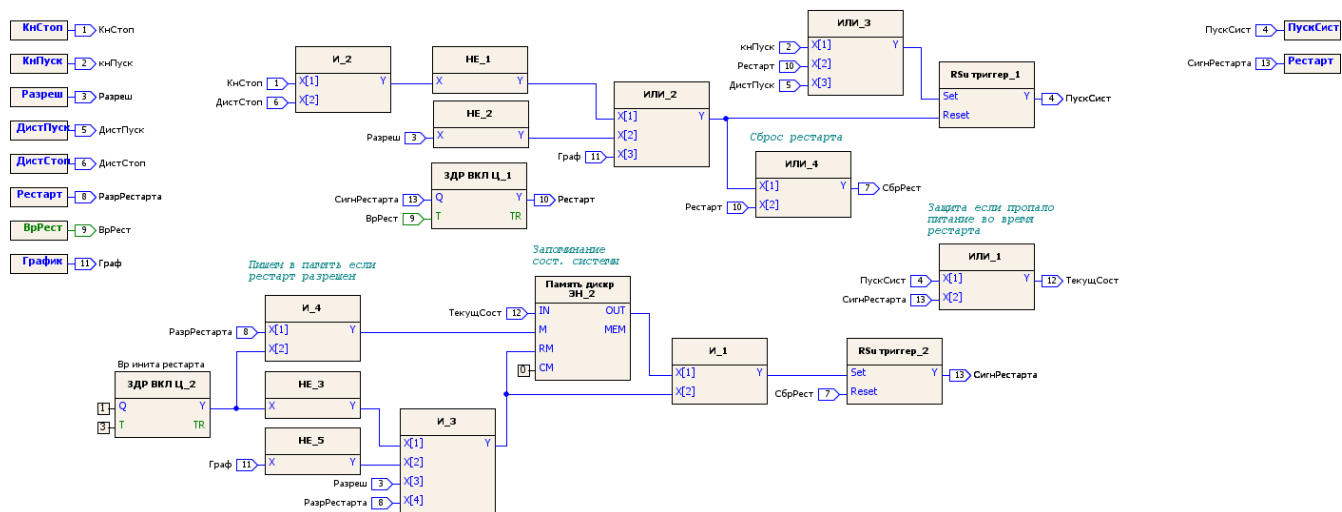


Рис. 4.12 Алгоритс пуску та рестарту системи

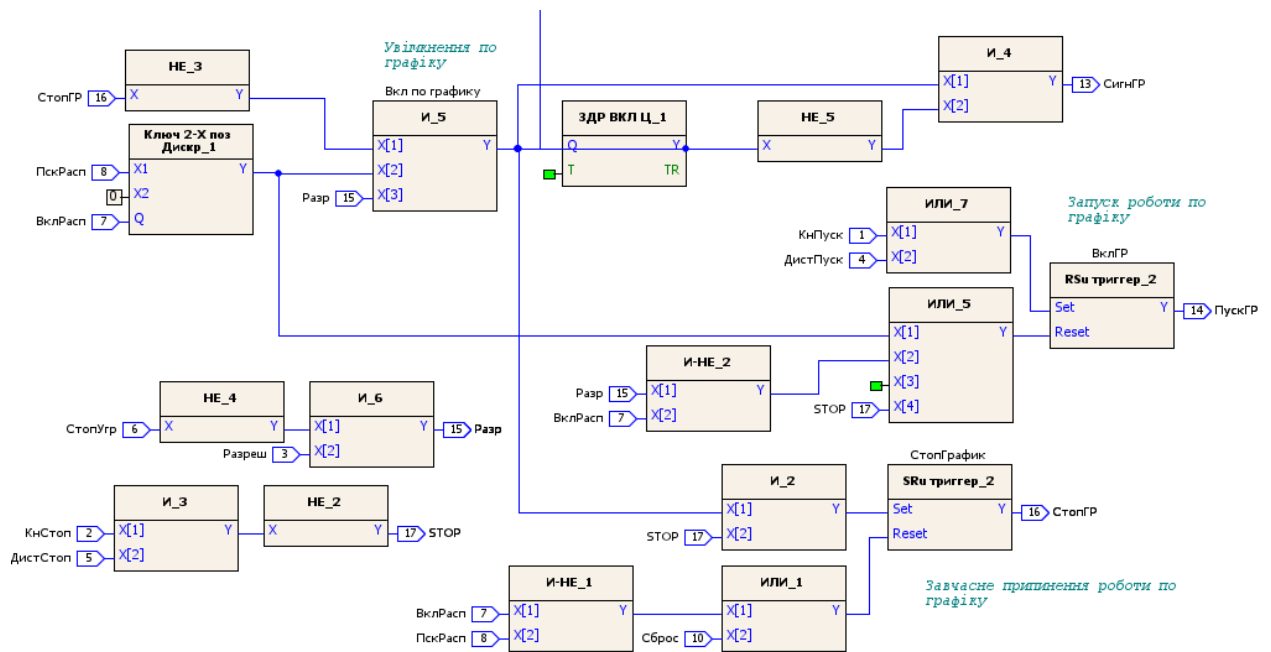


Рис. 4.13 Алгоритм запуску роботи по графіку

#### Блок визначення сезону (рис. 4.14)

В блокові за температурою зовнішнього повітря здійснюється визначення сезону: зима, міжсезон, літо. Для встановлення, що на даний момент зима, порівнюється температура увімкнення нагріву системи: початкове значення 15 °С, із температурою зовнішнього повітря, якщо вона більша, то режим - зима. Для встановлення, що на даний момент літо, порівнюється температура увімкнення охолодження системи: початкова температура 22 °С, із температурою зовнішнього повітря. Якщо температура зовнішнього більша, то режим – літо. Якщо не одна із цих двох умов не виконується, то режим – міжсезон, коли температура навколишнього повітря в межах від 15 до 22 °С (рис. 4.15). Для налаштування температури увімкнення нагріву та охолодження передбачений пункт меню (додаток Б).



Рис. 4.14 Блок визначення сезону системи

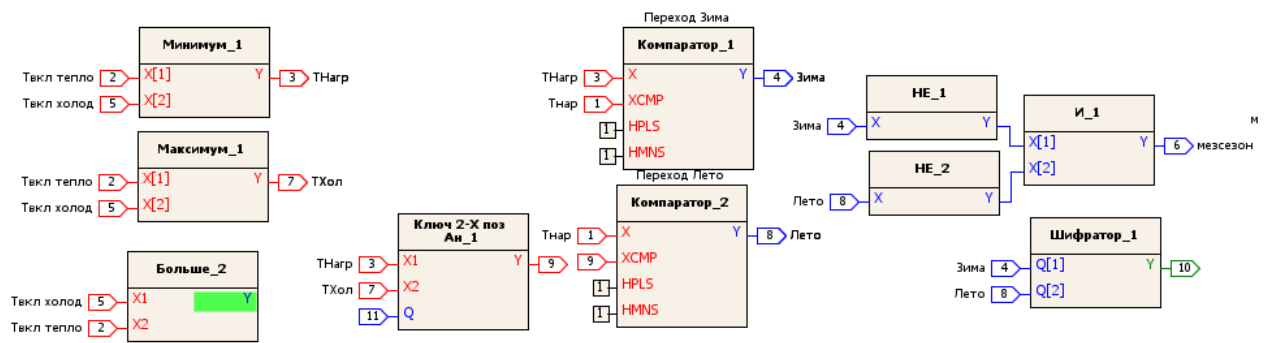


Рис. 4.15 Алгоритм визначення сезону системи

Блок контролю вентиляторів (рис. 4.16).

В блокові здійснюється контроль вентиляторів: відслідковується відсутність зворотнього зв'язку від частотних перетворювачів, що сигналізує про аварію вентилятора, а також відсутність перепаду тиску, що вказує на те, що вентилятори не працюють. Для того щоб уникнути постійного спрацювання аварії вентиляторів, при відслідковуванні відсутності зворотнього зв'язку встановлена затримка 30с, а при відслідковуванні відсутності перепаду – 60с що відсікає можливість хибного визначення стану вентиляторів, та встановлення аварії ще до моменту запуску вентиляторів (рис. 4.17). Для налаштування затримки контролю вентиляторів передбачене меню (додаток Б).

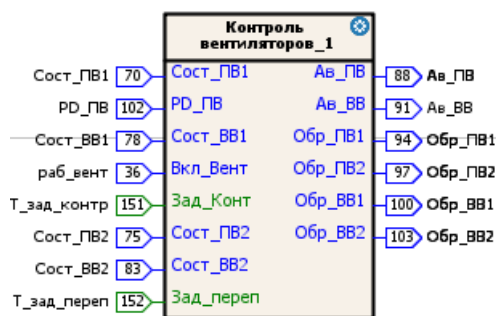


Рис. 4.16 Блок контролю вентиляторів

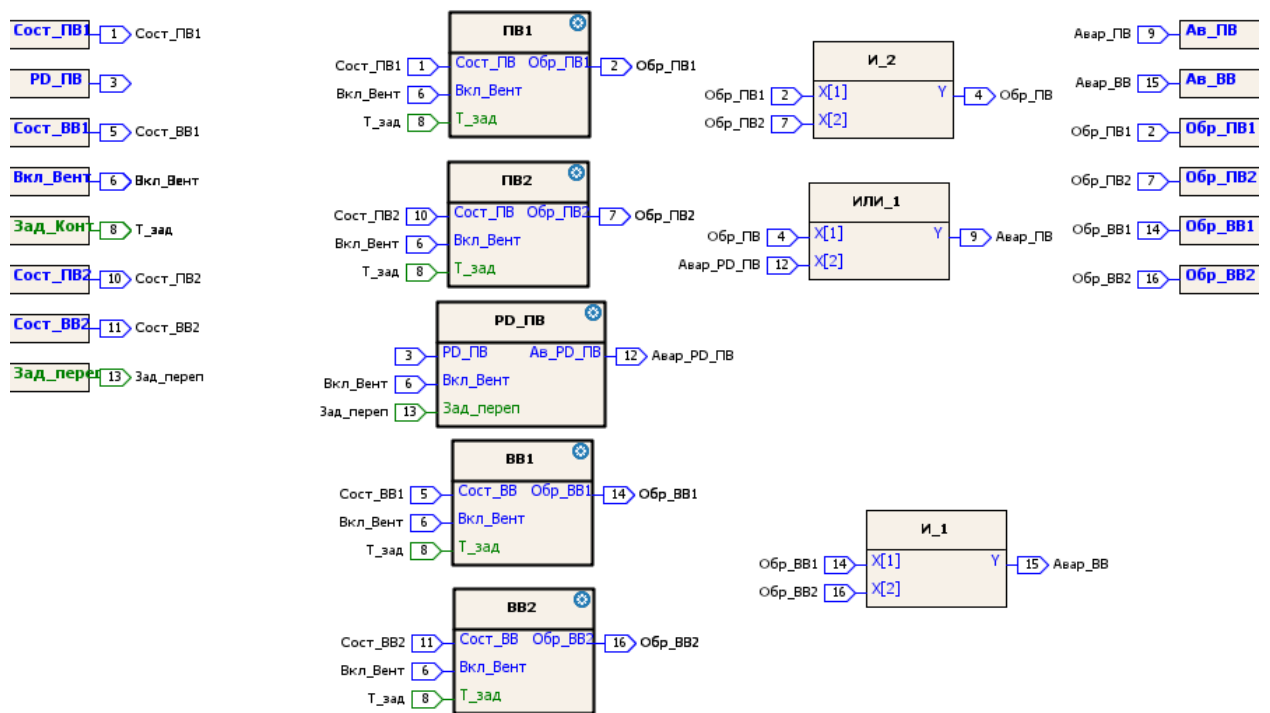


Рис. 4.17 Алгоритм контролю стану вентиляторів

Блок графік (рис. 4.18).

В блокові здійснюється налаштування часових діапазонів роботи системи. Всього 4 діапазони на добу. Увімкнення по графіку здійснюється автоматично без необхідності натискати кнопку Пуск, бо здійснювати увімкнення дистанційно. Блок містить 7 аналогічних внутрішніх блоків для кожного дня неділі (рис. 4.19, рис. 4.20). Блок також передбачає різні режими роботи системи. Різниця в режимах заключається в тому, що змінюється точність регулювання уставленого параметра температури повітря та вологості, але, оскільки регулювання мікроклімату фармакологічного приміщення вимагає точного регулювання, то в даному випадку режими не доступні до зміни. Налаштування графіку здійснюється із передбаченого меню (додаток Б).

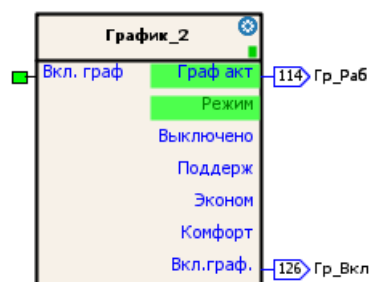


Рис. 4.18 Блок графіку

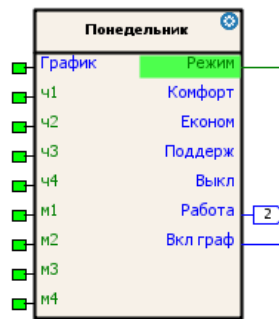


Рис. 4.19 Блок налаштування часових діапазонів для одного дня

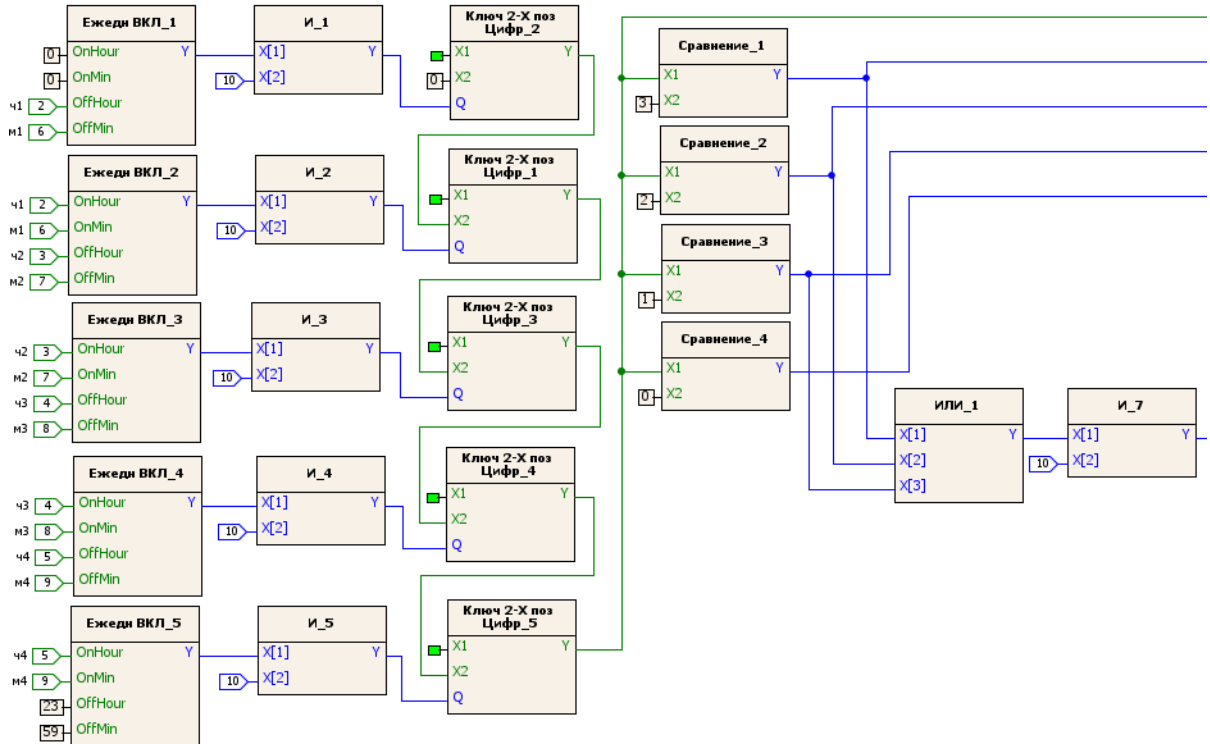


Рис. 4.20 Алгоритм опрацювання часових діапазонів для одного дня

Блок контролю датчиків (рис. 4.21).

В блокові контролю датчиків здійснюється відслідковування їх показників до меж вимірювання. Вихід за межі вимірювання говорить про аварію датчика: обрив, коротке замикання. Отрим цього, визначається наявність кімнатного датчика.



Рис. 4.21 Блок контролю датчиків

Блок аналізу температури приточного повітря (рис. 4.22).

В блокові реалізований алгоритм відслідковування температури приточного повітря: висока та низька температура повітря. Алгоритм передбачає вибір фіксування аварії приточного повітря. Для цього передбачено відповідне меню (додаток Б), в якому можна дозволити, або заборонити аварію по високій та низькій температурі приточк та встановити максимальну і мінімальну температуру – початкові налаштування 35°C та 15°C відповідно. Для запобігання завчасної аварії по температурі передбачено затримку, початкове значення 20 хв, що є оптимальним часом для виходу елементів нагріву, або охолодження в робочий режим (рис. 4.23).

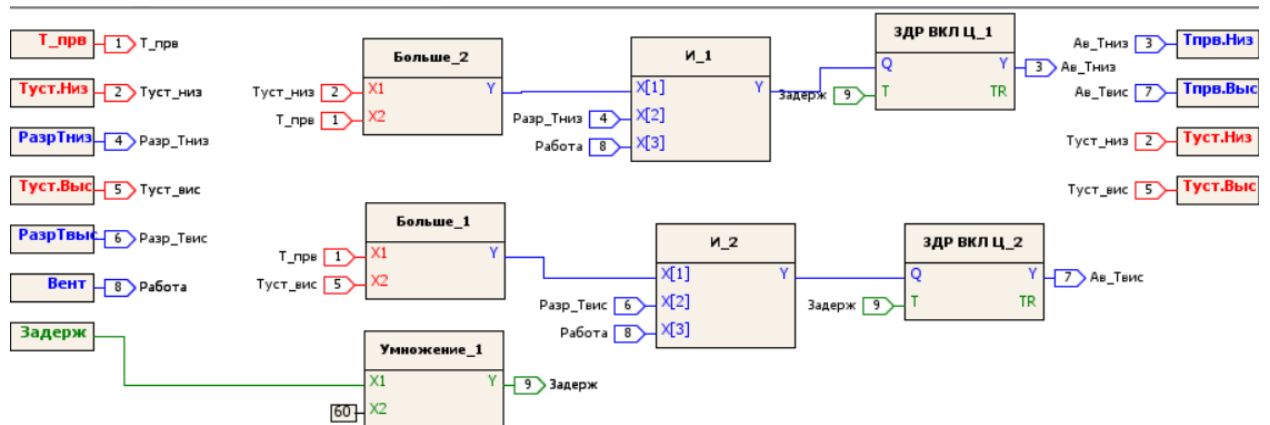


Рис. 4.23 Алгоритм роботи контролю температури приточного повітря

Блок управління вентиляторами (рис. 4.24).

Блок реалізує алгоритм управління вентиляторами та заслінками. Однією з основних вимог для приміщення фармакологічного виробництва було підтримання постійного повітрообміну в приміщенні. Для цього була реалізована система з резервуванням вентиляторів, що необхідна для того, щоб у разі виходу з ладу одного із двох приточних чи витяжних вентиляторів, автоматично в роботу вступив другий. Блок управління вентиляторами поділений на внутрішні блоки та пов'язані між собою, які відповідають за такі частини алгоритму:

Блок Дозвіл роботи (рис. 4.25) аналізує поточний стан системи та дає дозвіл на увімкнення вентиляторів. Дозвіл на увімкнення подається після



затримки 45с, яка необхідна для відкриття зовнішніх заслінок та відсічних заслінок вентиляторів для уникнення свисту при пускові (рис. 4.26).

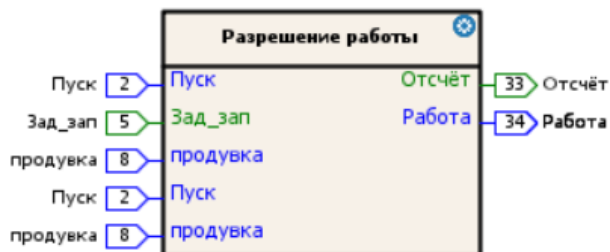


Рис. 4.25 Дозвіл роботи

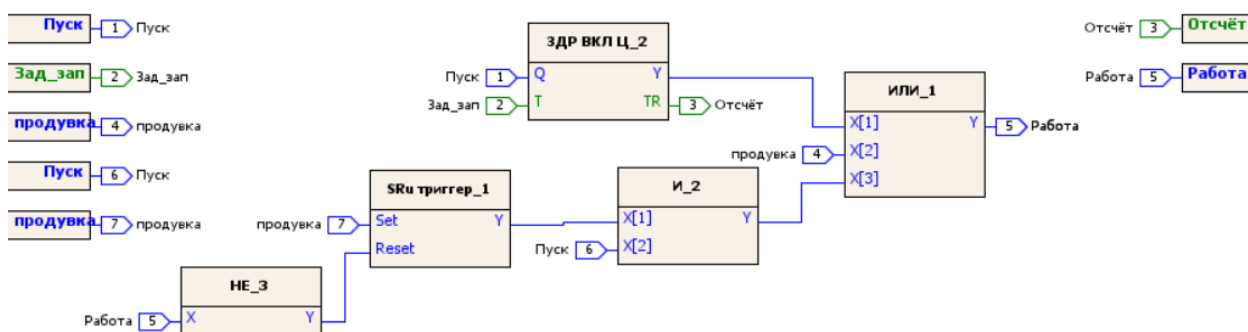


Рис. 4.26 Алгоритм отримання дозволу на пуск вентиляторів

Блок управа Робота вентиляторів (рис. 4.27) аналізує поточні аварії вентиляторів та видає сигнал на увімкнення. Якщо аварії зворотнього зв'язку, або аварії по перепаду відсутні і від блоку Дозвіл роботи отримано сигнал на увімкнення, здійснюється вмикання першого приточного та витяжного вентиляторів. У разі, якщо виходить із ладу перший приточний вентилятор, здійснюється увімкнення другого, аналогічно з витяжним. Якщо видодить з ладу резервний вентилятор – система зупиняється. У випадку коли з ладу виходить резервний витяжний вентилятор, то система здійснює продувку якщо працював електрокалорифер перед вимкненням (рис. 4.28).

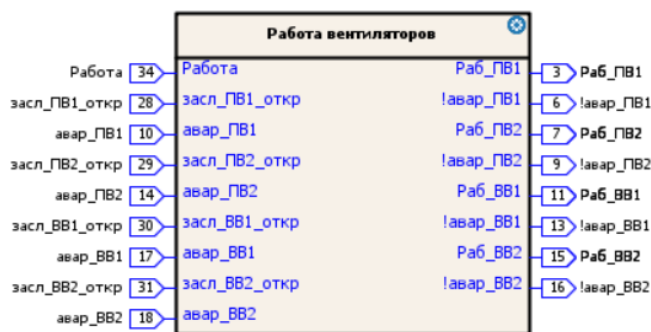


Рис. 4.28 Блок управління роботою вентиляторів

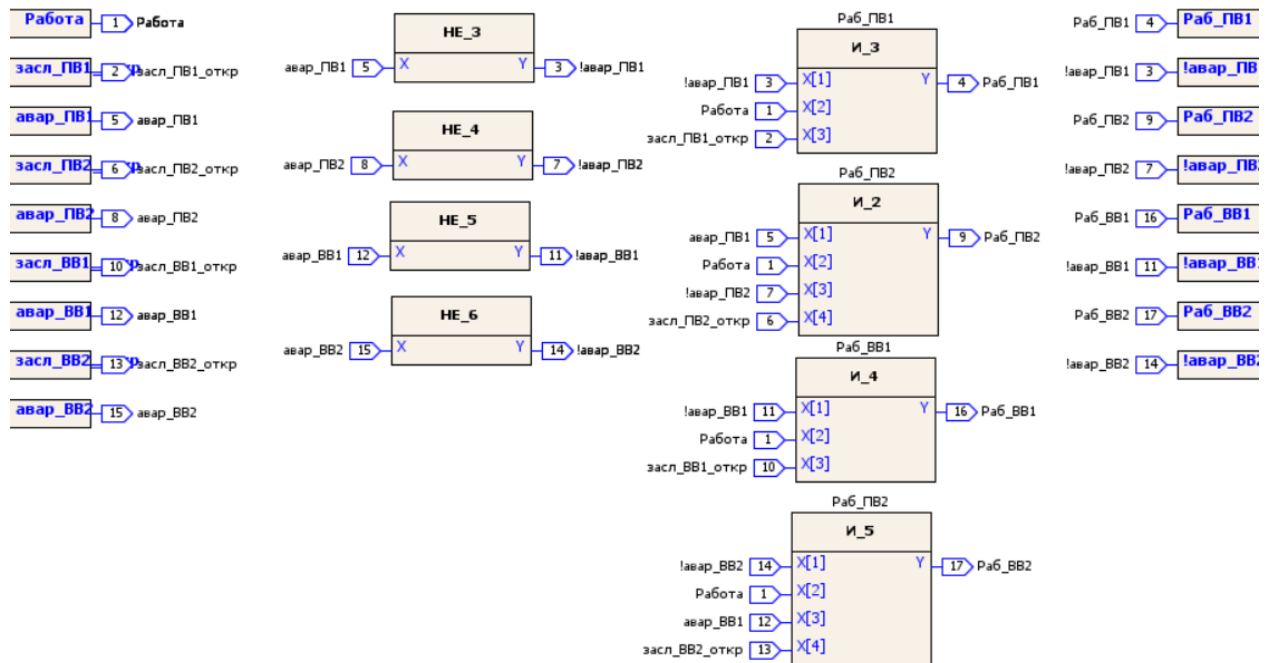


Рис. 4.28 Алгоритм резервування та роботи вентиляторів

Блок Управління заслінками (рис. 4.29) реалізує алгоритм роботи зовнішніх заслінок та відсічних заслінок вентиляторів. При аварії одного із вентиляторів, його відсічна заслінка закривається, в цей момент відкривається заслінка резервного вентилятора (рис. 4.30).

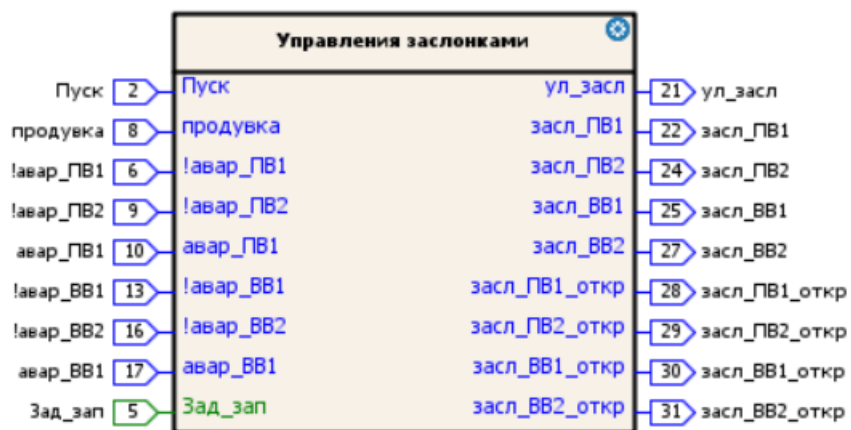


Рис. 4.29 Блок управління заслінками

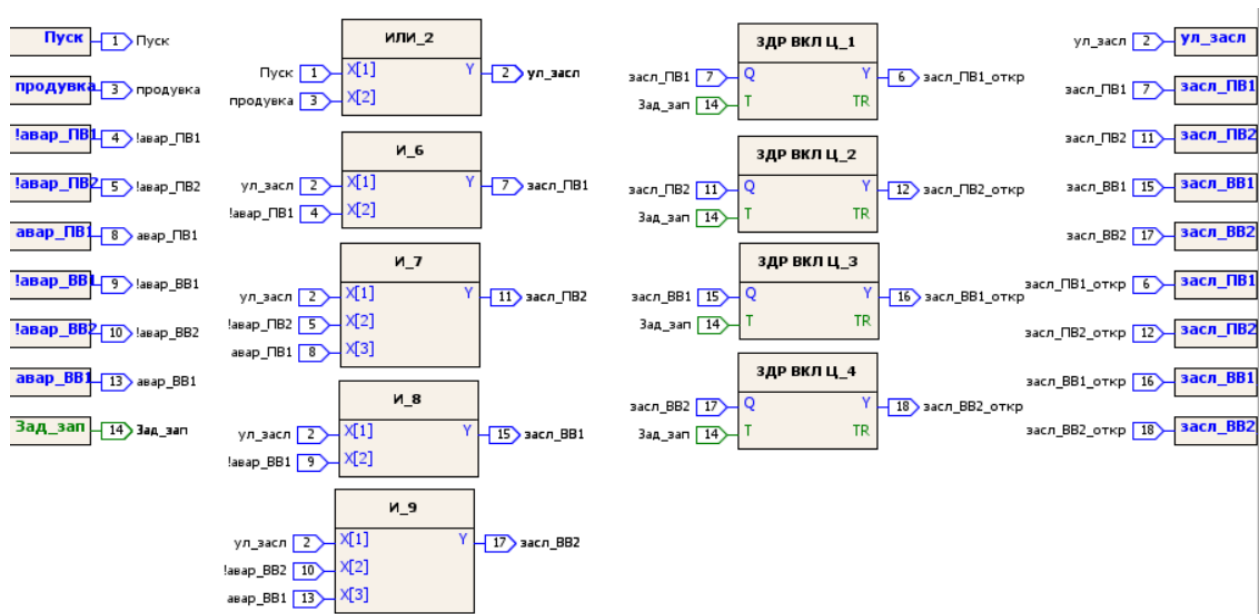


Рис. 4.30 Алгоритм управління заслінками

Блок Дельта вентиляторів (рис. 4.31) реалізує алгоритм, що забезпечує розбаланс швидкості приточного та витяжного вентилятора. Це необхідно для того, щоб свіжого повітря потрапляло в приміщення більше ніж витягуючого. Швидкість вентиляторів визначається за пропорцією, якщо при цьому швидкість витяжного менше мінімальної допустимої швидкості, то для нього встановлюється мінімальна швидкість (рис. 4.32).

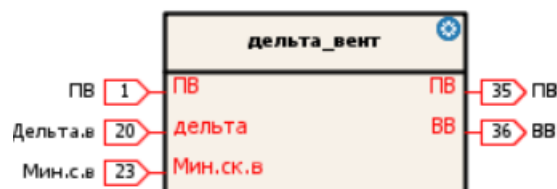


Рис. 4.31 Блок визначення розбалансу вентиляторів

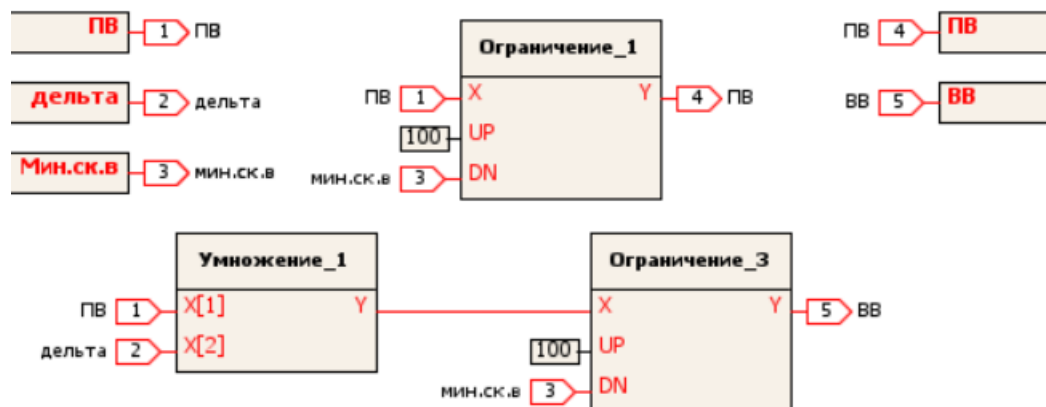


Рис. 4.32 Алгоритм визначення швидкості вентиляторів

Блок задання температур (рис. 4.33).

В блокові здійснюється вибір одно контурної, або каскадної системи управління. При одно контурній системі здійснюється регулювання тільки по температурі притоку. При каскадному управлінні враховується температура кімнати (рис. 4.34). При виборі каскадної системи задане значення температури згенероване внутрішнім регулятором обмежується максимальним та мінімальним значенням для відповідної пори року. Для цього передбачено відповідне меню (додаток Б).

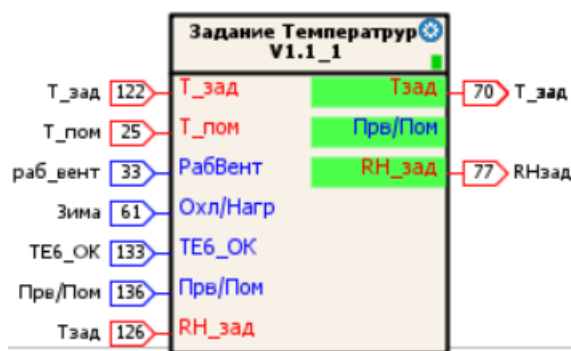


Рис. 4.33 Блок задання температур

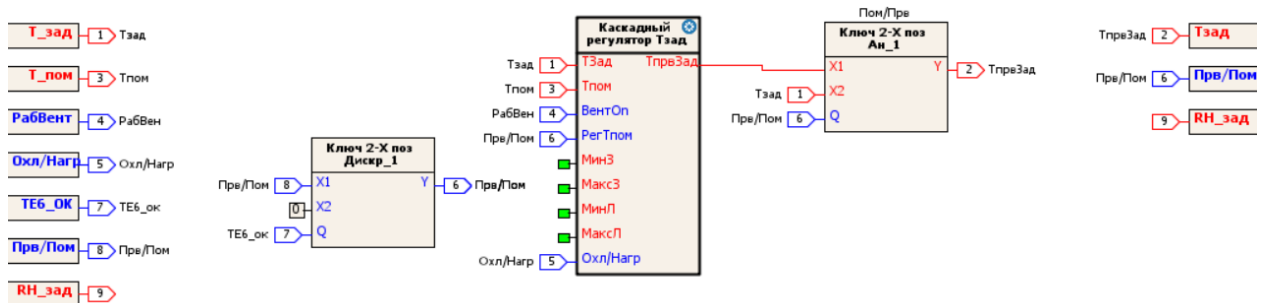


Рис. 4.34 Алгоритм визначення заданої температури та типу схеми регулювання

Блок управління рекуператором (рис. 4.35).

В блокові здійснюється алгоритм керування байпасною заслінкою рекуператора, тим самим регулюється відсоток задіяння рекуператора. Блок містить два внутрішніх блоки:

Блок Захист рекуператора (рис. 4.36), що необхідно для контролю температури після рекуператора в витяжному каналі для уникнення його

обмерзання. Коли температури викиду стає менша  $3^{\circ}\text{C}$  рекуператор переходить в режим режування викиду, бай пас поступово відкривається. Якщо температура падає менше  $0^{\circ}\text{C}$ , бай пас відкривається на 100% відразу та вмикається затримка на аварію по обмерзання, початковий час 10 хв (рис. 4.37). Для налаштування параметрів передбачено відповідне меню (додаток А).

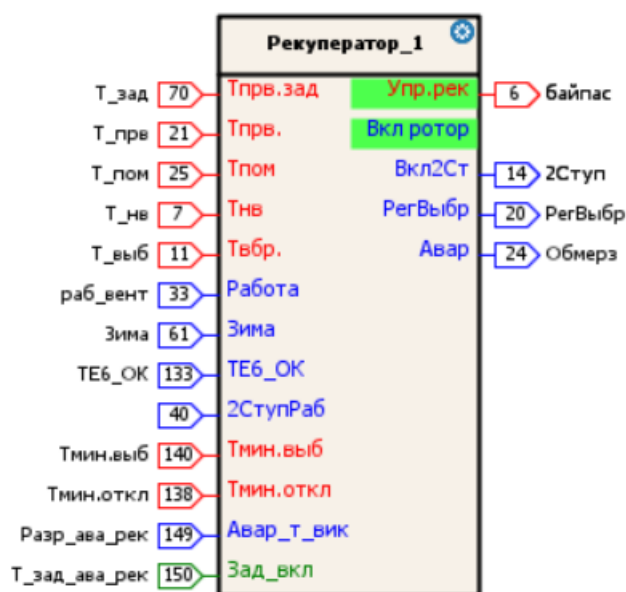


Рис. 4.35 Блок управління рекуператором

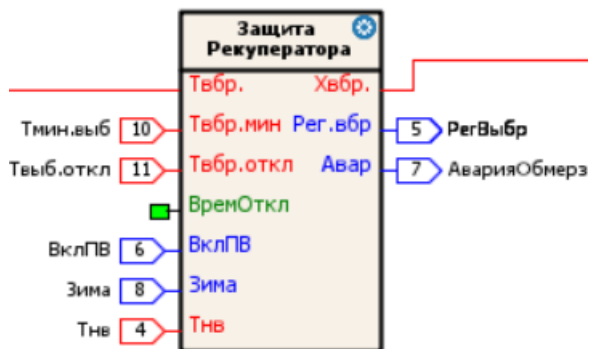


Рис. 4.36 Блок захисту рекуператора

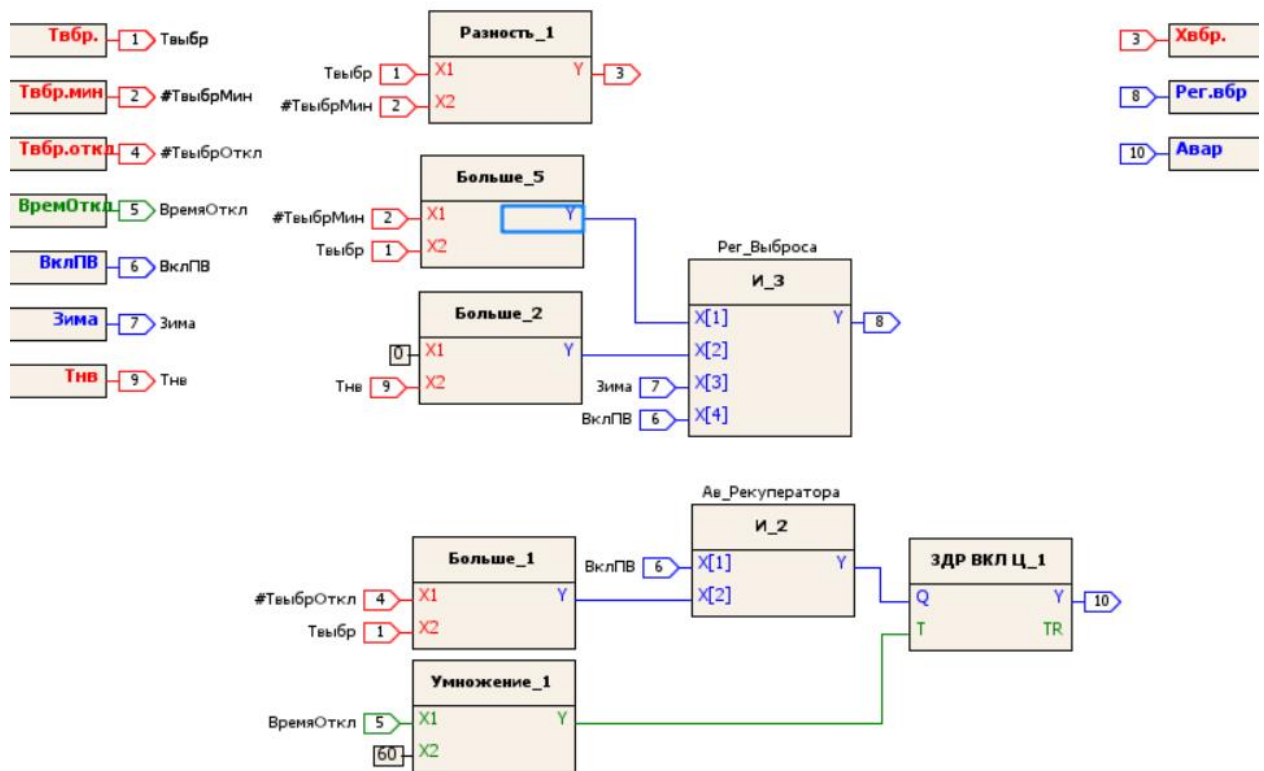


Рис. 4.37 Алгоритм визначення загрози обмерзання

Блок регулювання температури притоčku (рис. 4.38) передбачає три варіанти роботи байпасу: рекуперація на 100%, рекуперувати непотрібно, регулювання. Рекуперація 100% визначається як охолодження та обігрів. Якщо температура кімнати більша за задану і температура навколишнього повітря більша за температуру приміщення, то немає потреби плавного регулювання – байпас відразу закривається, тим самим забезпечуючи охолодження навколишнього повітря за рахунок приміщення. Якщо задана температура більша за температуру в приміщенні і температура навколишнього повітря менша за температуру кімнатного повітря, то також немає потреба плавного регулювання – байпас відразу закривається, тим самим забезпечуючи обігрів навколишнього повітря за рахунок кімнатного (рис. 4.39).

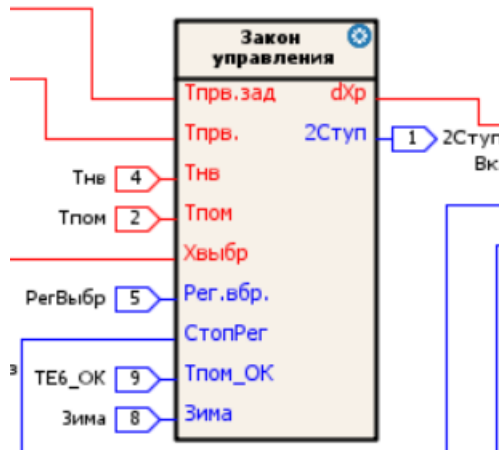


Рис. 4.38 Управління рекуператором

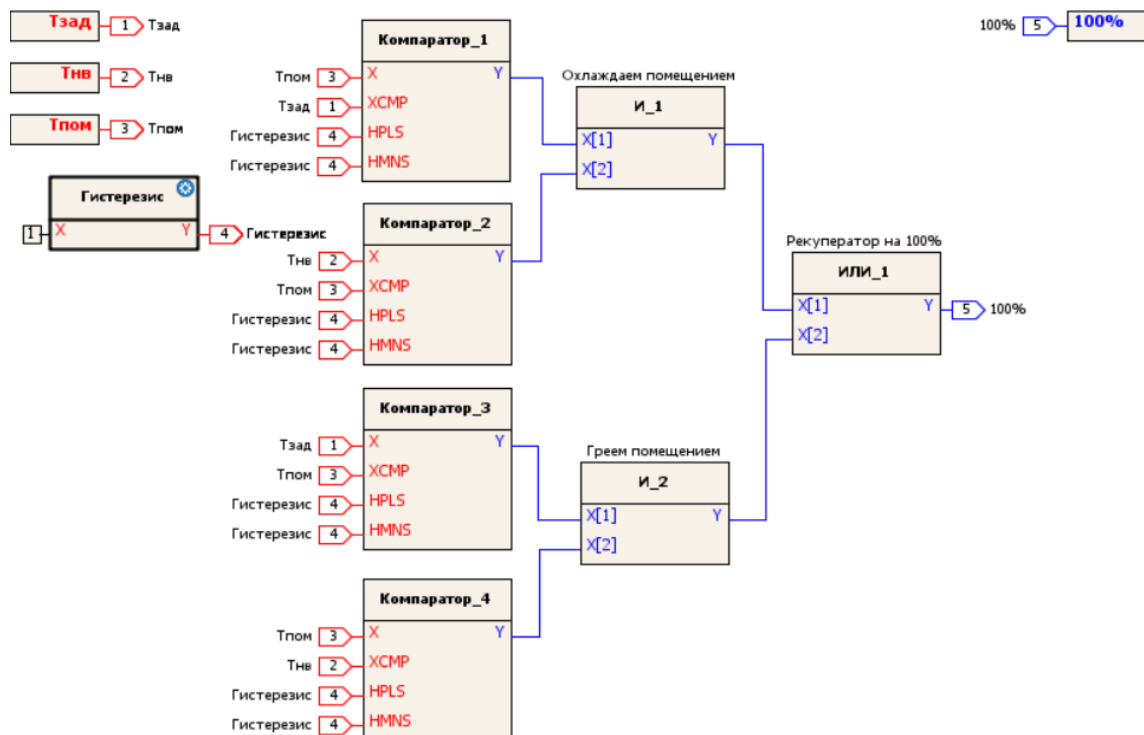


Рис. 4.39 Алгоритм визначення рекуперації на 100%

Рекуперация не потрібна в тому випадку, коли за рахунок навколишнього повітря ми можемо підігріти, або охолодити приточне повітря. Якщо задана температура більша за навколишню температуру повітря і температура кімнатного повітря менша за навколишню, то байпас відразу відкривається, забезпечуючи тим самим обігрів за рахунок вуличного повітря. Якщо ж навколишня більша за задану і температура приміщення більша за навколишню, бо байпас відразу відкривається, забезпечуючи тим самим охолодження за рахунок вулиці (рис. 4.40).

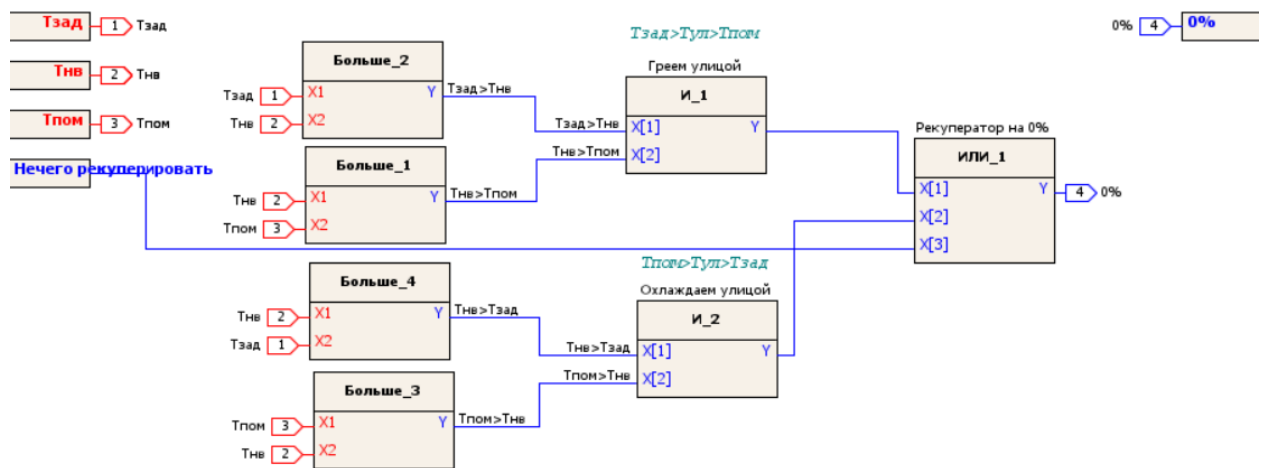


Рис. 4.40 Алгоритм визначення рекуперації 0%

Плавне регулювання необхідне, коли умови двох перших не виконуються, в такому разі різниця температур надходить на регулятор, який здійснює управління байпасом, плавно закриває, або відкриває його (рис. 4.41).

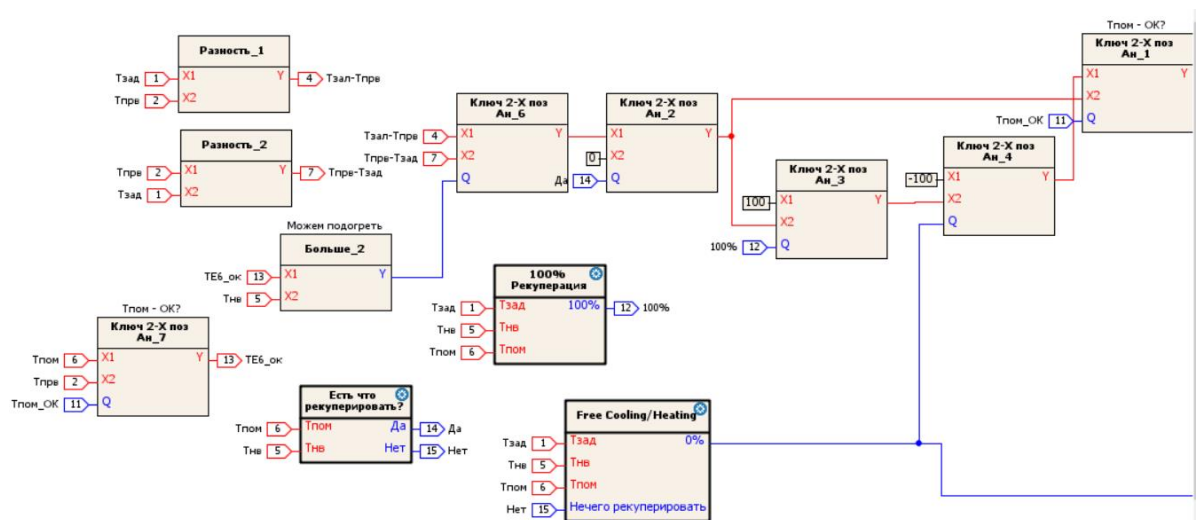


Рис. 4.41 Адгорит регулювання температури байпасною заслінкою

Блок управління електрокалорифером (рис. 4.42).

Блок реалізує алгоритм управління електрокалорифером в літній період для догріву навколишнього повітря до заданого значення, або підігрів після випарника. Блок містить в собі внутрішні блоки, що пов'язані між собою:



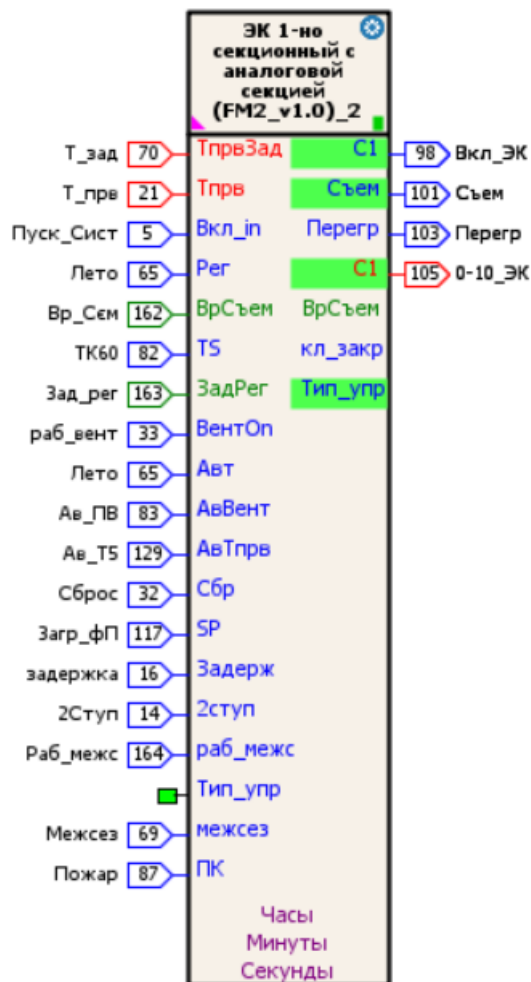


Рис. 4.42 Блок управління електрокалориферм

Блок Дозвіл роботи (рис. 4.43) аналізує поточний стан системи на наявність аварій та дає дозвіл роботи електрокалориферу. Якщо відсутні аварії при яких заборонено працювати електрокалориферу, за температурними умовами робота дозволена – літо, або міжсезон, при наявності дозволу роботи в міжсезон, та рекуператор надав сигнал увімкнення, а саме підключення другої ступінні регулювання та відсутній продув електрокалорифера в даний момент – блок видає вигнал на увімкнення (рис. 4.44).

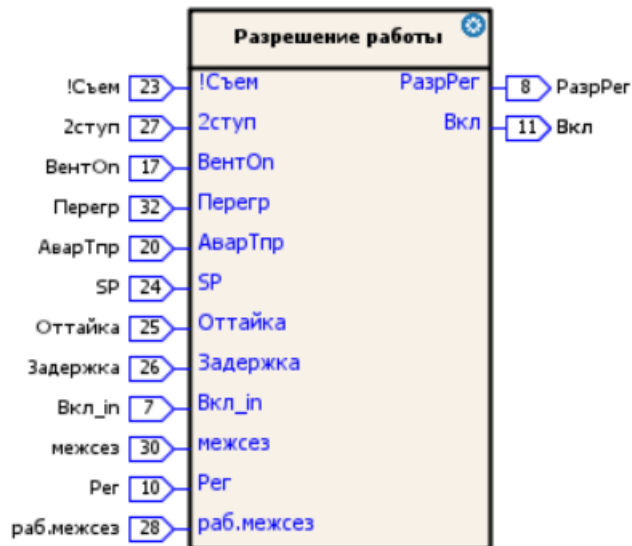


Рис. 4.43 Блок визначення дозволу роботи електрокалорифера

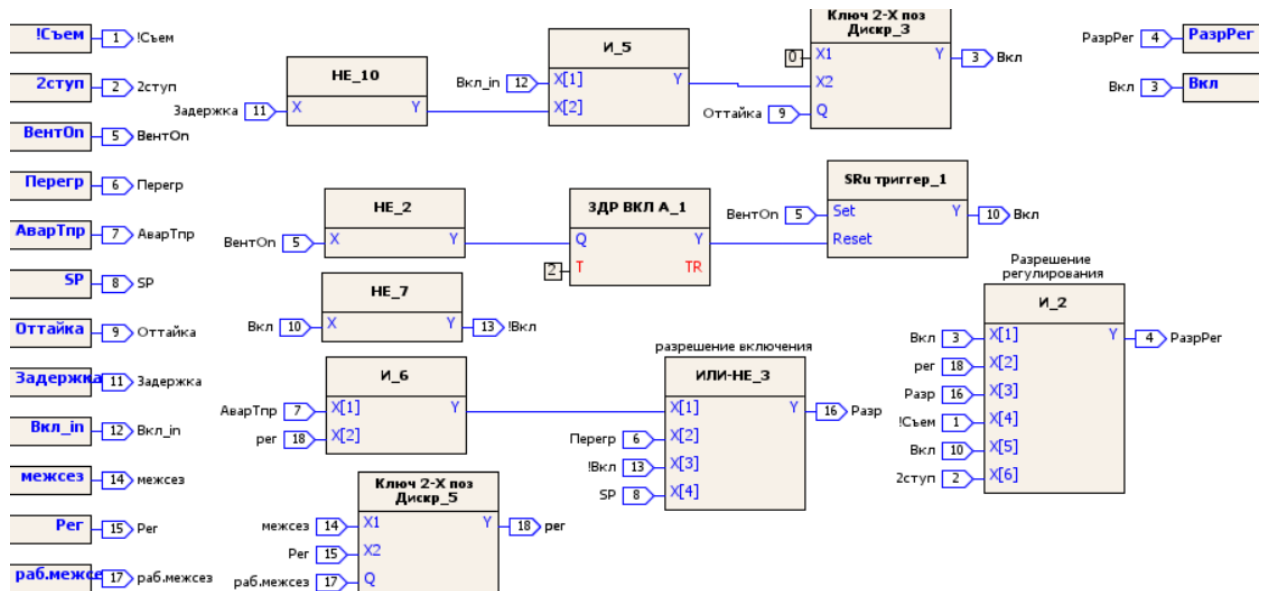


Рис. 4.44 Алгоритм роботи блоку визначення дозволу на увімкнення

Блок Продувка електрокалорифера (рис. 4.45) визначає необхідність продування електрокалорифера перед вимкненням системи. Алгоритм фіксує, що електрокалорифер був увімкнений за допомогою SR тригера і якщо аварії приточних вентиляторів та загальна аварія пожежої системи відсутня здійснюється продувка протягом 2хв. Якщо під час продувки натиснено кнопку Пуск, чичтема одразу переходить в робочий режим без затримки на запуск, оскільки вентилятори працювали (рис. 4.46). Для налаштування параметрів передбачене меню (додаток Б).

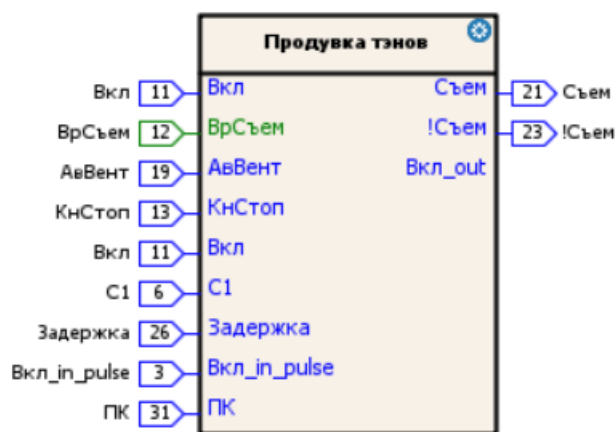


Рис. 4.45 Блок продувки электрокалорифера

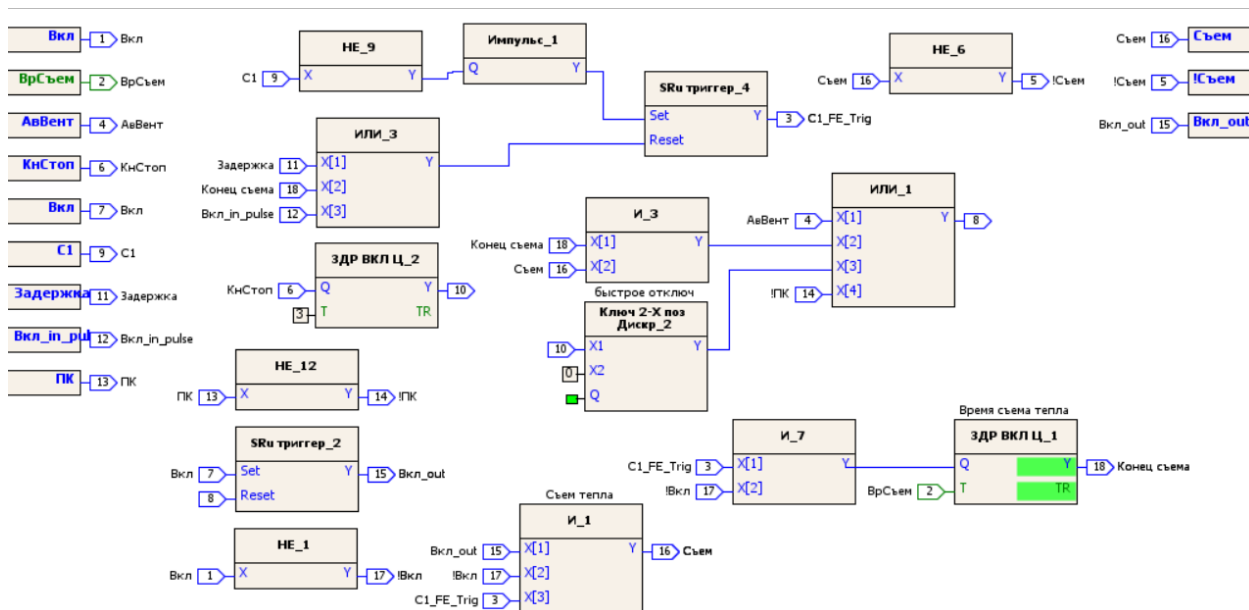


Рис 4.46 Алгоритм реалізації продувки електрокалорифера

Блок Закону управління електрокалорифером та широтно-імпульсна модуляція (рис. 4.47) здійснює визначення необхідної теплопродуктивності подачу. Для зручності та адаптації під різні системи передбачено перемикавання між типом управління електрокалорифером: 0-10 В, або ШИМ (рис. 4.48). В відповідному пункті менб доступні налаштування (додаток Б).

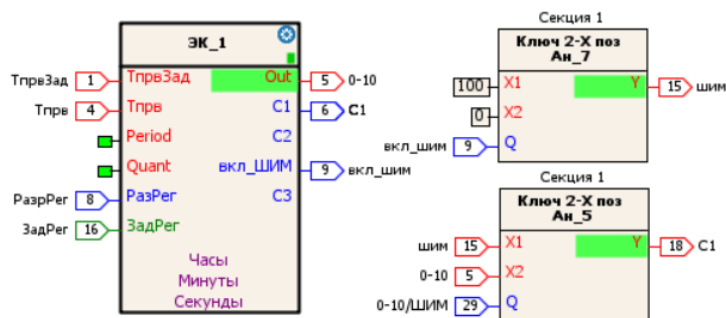


Рис. 4.47 Блок управління електрокалорифером

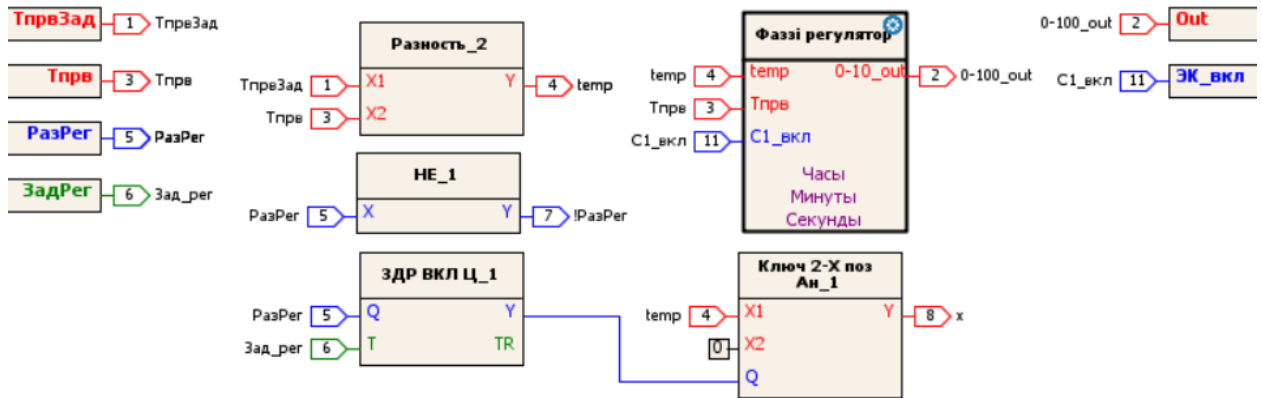


Рис. 4.48 Алгоритм управління електрокалорифером на основі регулятора нечіткої логіки

Блок управління компресорно-конденсаційним блоком (рис. 4.50).

В блокові здійснюється реалізація алгоритму, що регулює температуру та відносна вологість повітря. Якщо температура в приміщенні більша за задане значення і відносна вологість повітря менша за встановлене значення – в роботу вступає перша ступінь компресорно-конденсаційного блоку, яка забезпечує пониження температури до заданого значення без змінни відносної вологості. Якщо відносна вологість більша заданої норми, а температура кімнати більша, або менша за задану температуру – вмикаються одразу дві ступінні, які забезпечують більш глибоке охолодження та послідовне увімкнення електрокалорифера, що забезпечує осушення. В алгоритмі передбачено можливість продувати ККБ при вимкненні системи, а також робота в міжсезон при наявному дозволі на це. Наявні внутрішні блоки які пов'язані між собою:

Блок Дозволу роботи (рис. 4.51) визначає поточний стан системи за температурними умовами та відотною вологість. Регулювання температури повітря здійснюється за кімнатним датчиком, оскільки для коректної роботи дискретної ккб від слідкування температури в притокові не є доцільним, за дуже швидкого охолодження, що в дійсності не відповідає температурі в кімнаті. Але щоб уникнути аварій температура притоку відслідковується, що не допускає зниження її до критичного значення, а також ініціалізує аварію



Блок Тип управління (рис. 4.53) здійснює вибір типу управління за бажанням користувача. Дозволяє здійснювати управління по дозволу – при настанні літньої пори, дається дозвіл на увімкнення, або дискретно зважаючи на температуру притоку та кімнати. Дана функція необхідна для універсального використання системи, оскільки різні типи ККБ по різному працюють і частині із них потрібно тільки дозвіл на увімкнення, а регулювання здійснюється самостійно, що і було реалізовано в першому варіанті (рис. 4.54).

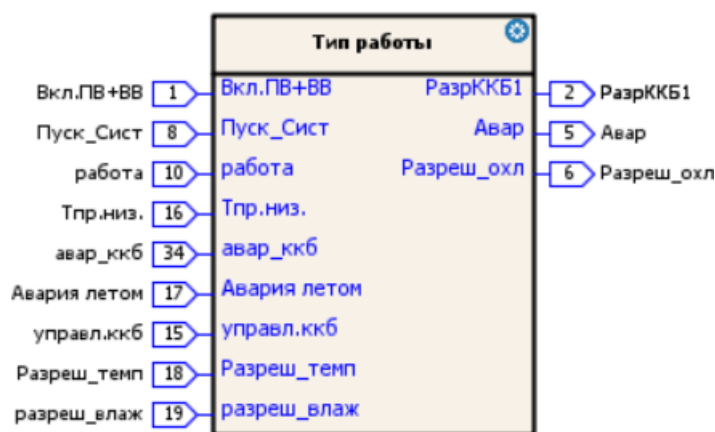


Рис. 4.53 Блок визначення типу роботи

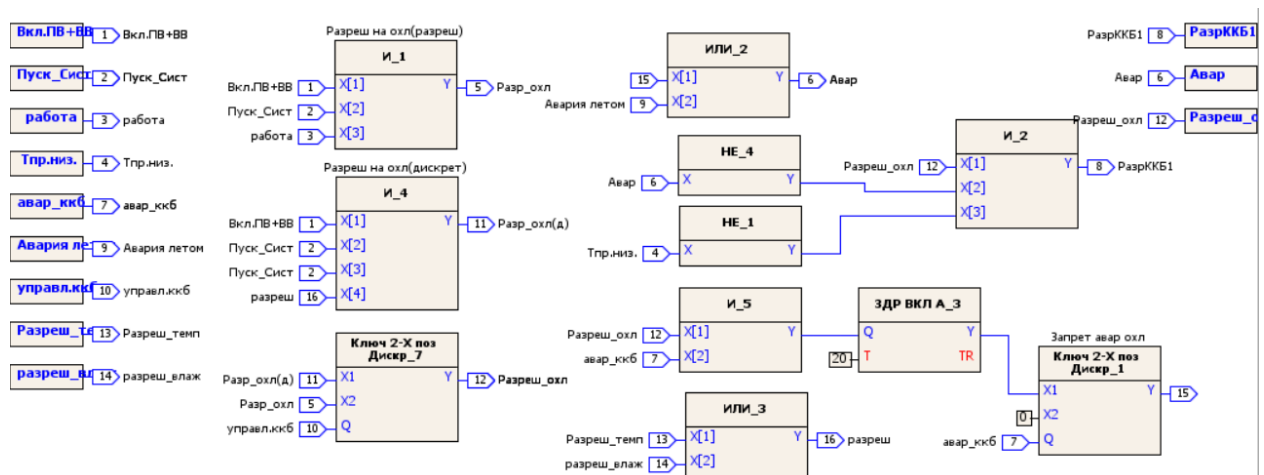


Рис. 4.54 Алгоритм визначення типу роботи

Блок продувки ККБ (рис. 4.55) аналізує стан системи на відсутність критичних аварій таких як спрацювання термостату водяного нагрівача та аварії приточних вентиляторів і якщо продувка дозволена користувачем здійснює її (рис. 4.56).

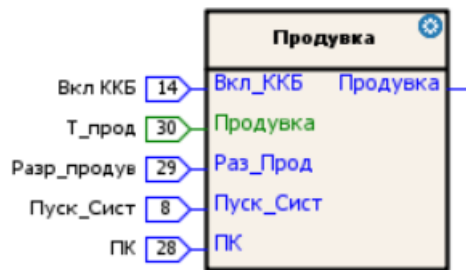


Рис. 4.55 Блок продувки ККБ

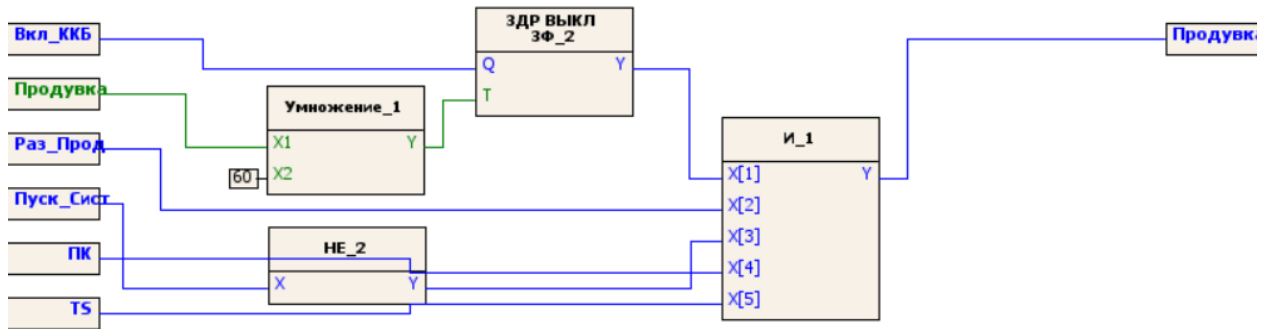


Рис. 4.56 Алгоритм реалізації продувки

Блок управління водяним нагрівачем (рис. 4.57).

В блокові реалізується алгоритм, що здійснює регулювання температури за рахунок 3-х ходового клапану. Блок містить внутрішні блоки які пов'язані між собою:

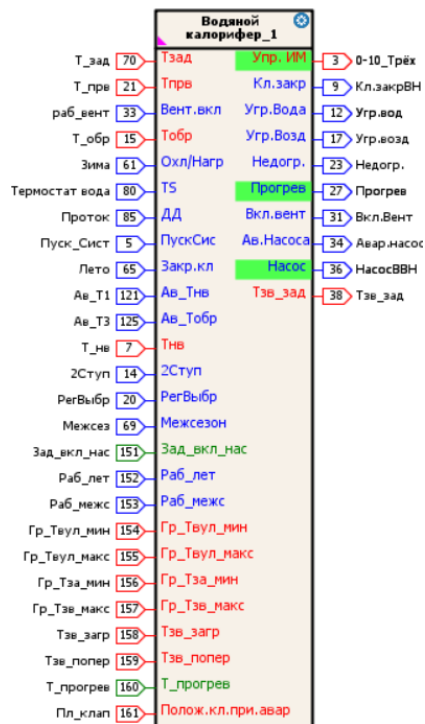


Рис. 4.57 Блок управління водяним нагрівачем

Блоу Опрацювання захисту (рис. 4.58) здійснює аналіз системи на наявність аварій термостату та датчика протоку теплоносія. Откірм цього здійснюється контроль температури зворотнього теплоносія. Якщо температура зворотнього теплоносія менша за критичну 20 °С, система зупиняється по аварії (рис. 4.59).

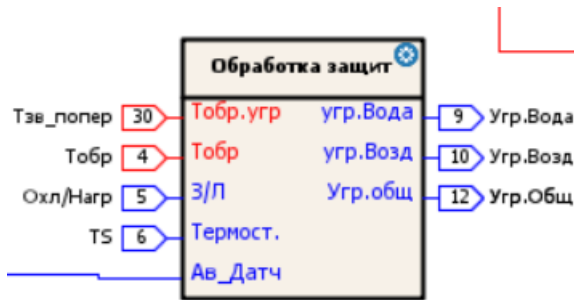


Рис. 4.58 Блок захистк водяного нагрівача

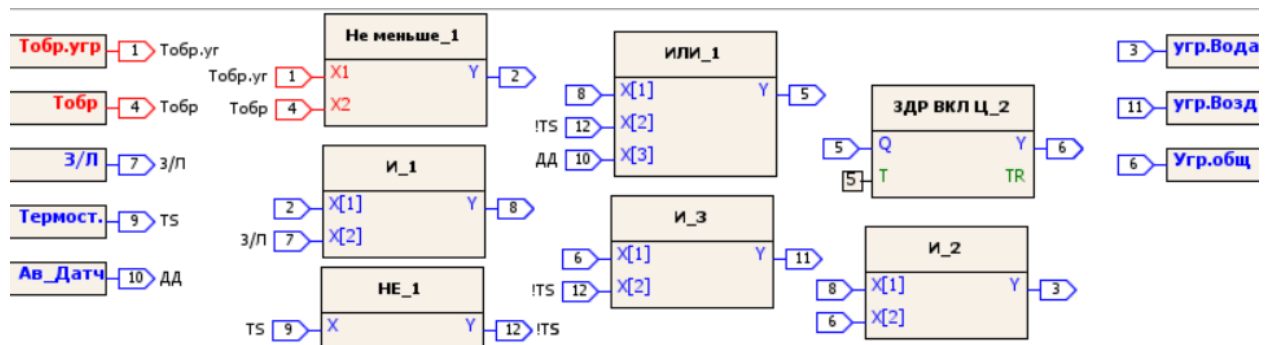


Рис. 4.59 Алгоритм опрацювання захисту водяного нагрівача

Блок управління прогрівом (рис. 4.60) реалізує алгоритм прогріву водяного нагрівача перед запуском системи. Час прогріву 3 хв, за цей час температура зворотнього теплоносія повинна буди більшою ніж визначене значення по мережевому графіку. Мережевий графік визначає в залежності від температури навколишнього повітря необхідну температуру зворотнього теплоносія, яка повинна буди досягнута за встановлений час для роботи системи. Після завершення прогріву подається сигнал на дозвіл увімкнення вентиляторів (рис. 4.61).



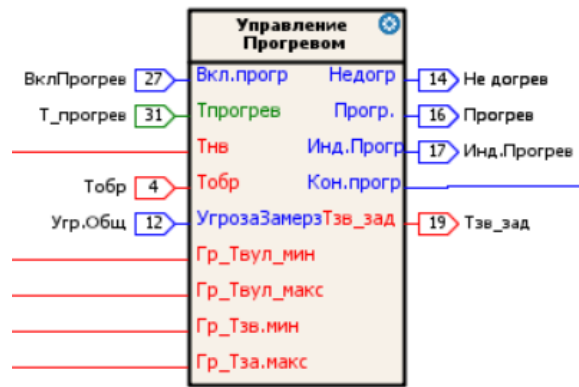


Рис. 4.60 Блок управління прогрівом

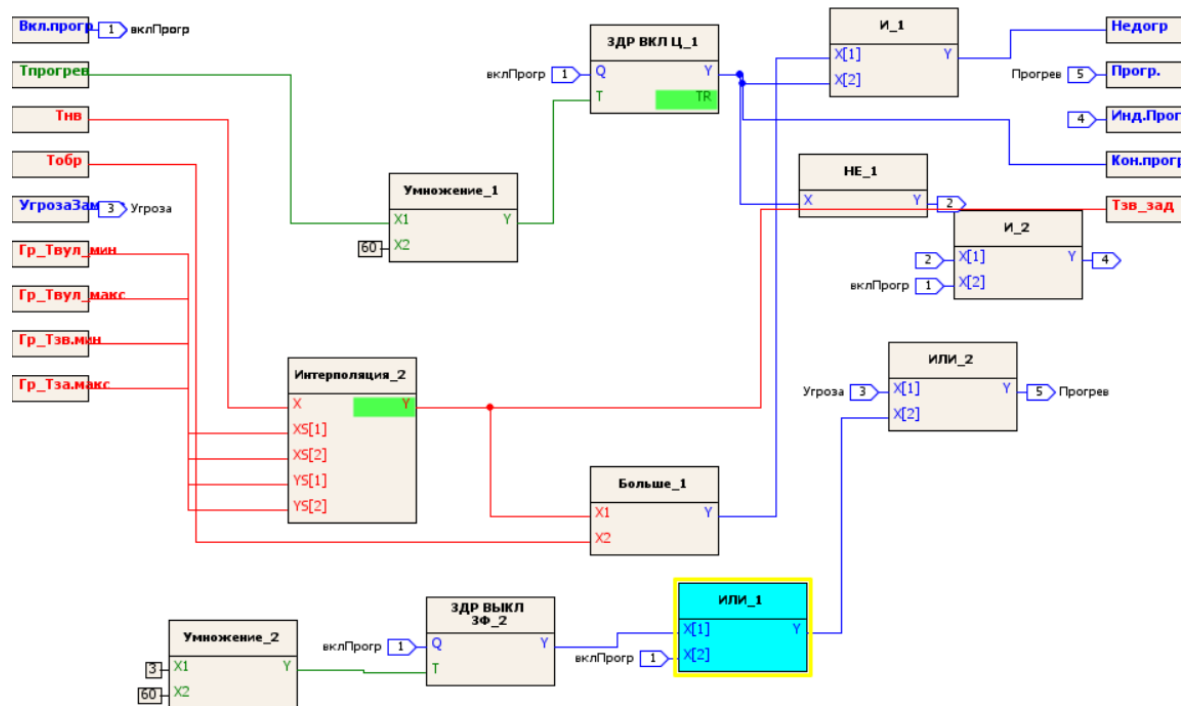


Рис. 4.61 Алгоритм управління прогрівом

Блок управління насосом (рис. 4.62) відслідковує поточний стан системи на наявність аварій по термостату, відсутності протоку теплоносія, а також визначає дозвіл роботи в усі пори року (рис. 4.63).

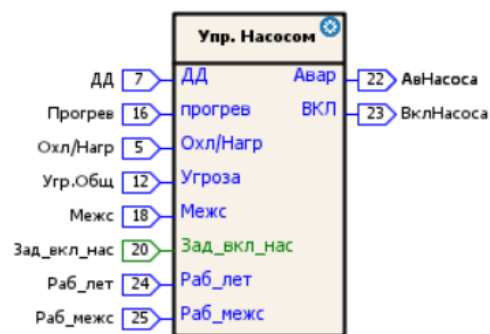


Рис. 4.62 Блок управління насосом

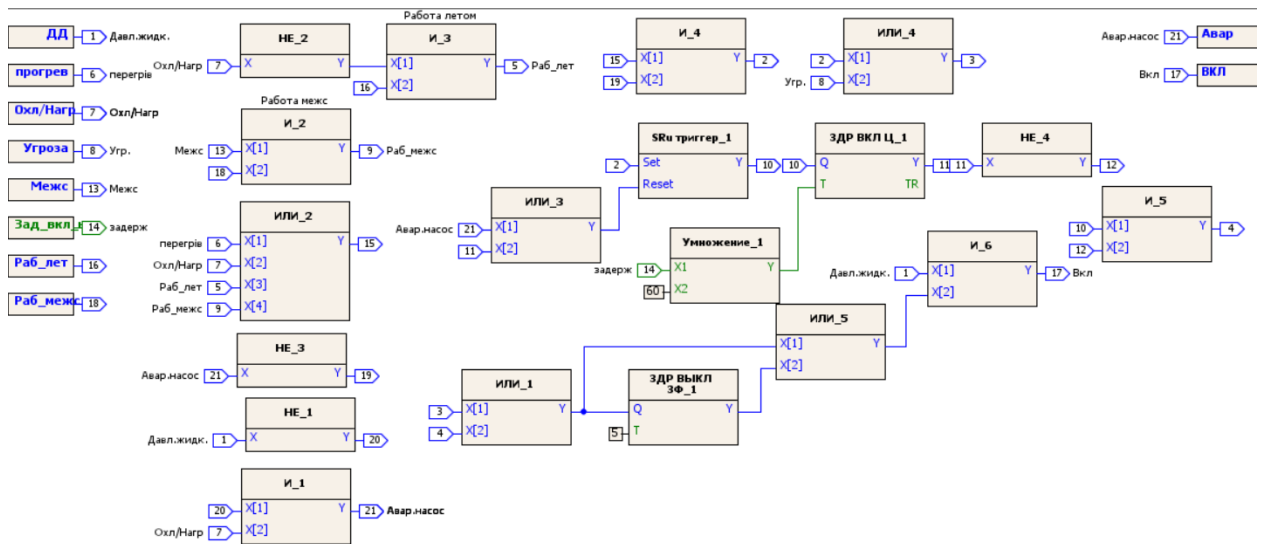


Рис. 4.63 Алгоритм управління насосом

Блок закону управління 3-х ходовим клапаном (рис. 4.64) здійснює визначення положення 3-х ходового клапану в залежності від поточних температурних умов. Дія яка буде подаватись на 3-х ходовий: регулювання по притоку чи по зворотньому теплоносію визначається блоком максимум (рис. 4.65).

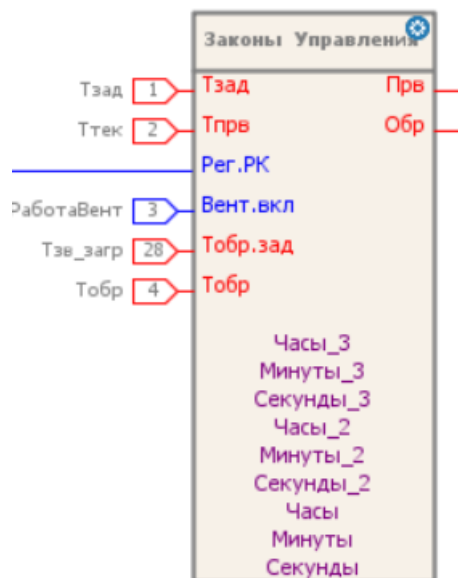


Рис. 4.64 Блок закону управління 3-х ходовим клапаном

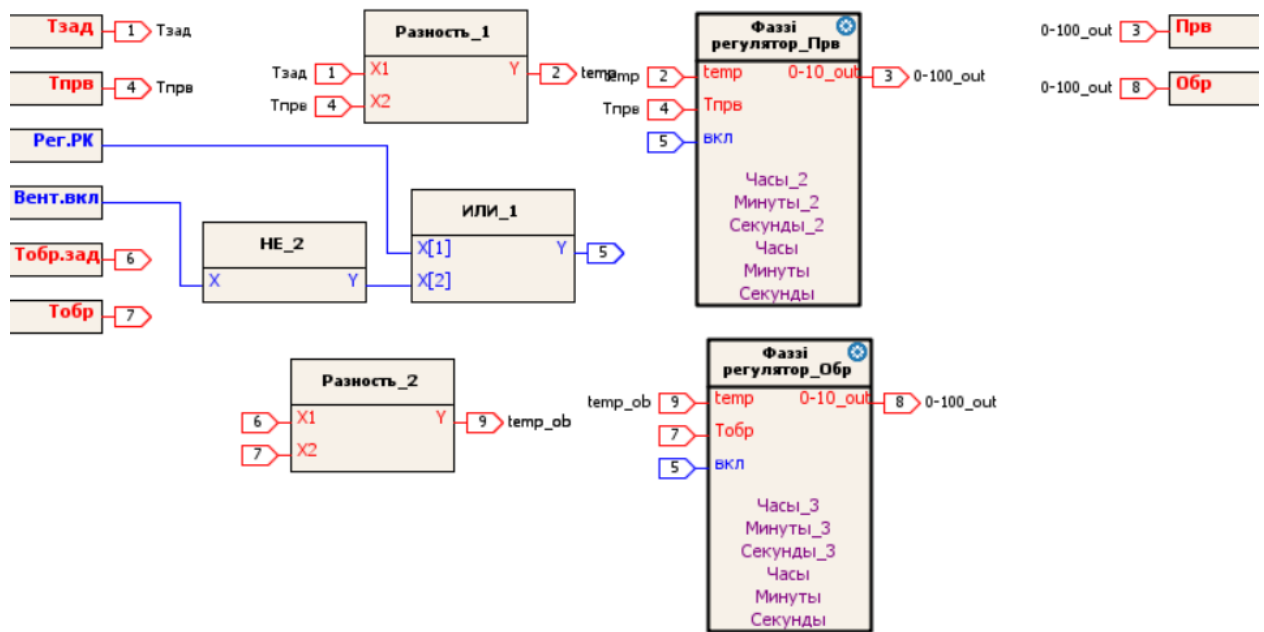


Рис. 4.65 Реалізація алгоритму управління 3-х ходовим клапаном

Блок масштабування аналогових виходів (рис. 4.66).

Дає можливість налаштувати аналоговий вихід контролера: 0-10 В, 2-10 В. Відповідні налаштування доступні в меню (додаток А).



Рис. 4.66 Блок масштабування аналогових виходів

Блок налаштування дискретних виходів (рис. 4.67).

Блок містить алгоритм який дозволяє інвертувати вхідний дискретний сигнал: прямий, інверсний. Що необхідно в деяких випадках використання системи, або при пуско-налагодженні.

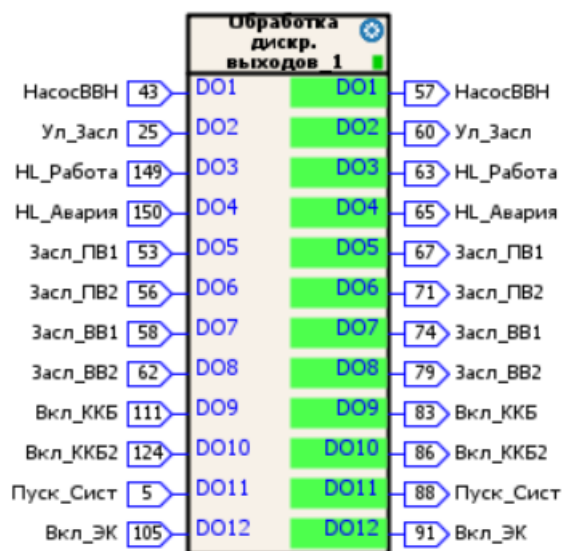


Рис. 4.67 Блок налаштування дискретних виходів

Блок аварій системи (рис. 4.68).

В блокові здійснюється опрацювання усіх аварій та попереджень системи, визначаються критичні та допустимі для роботи установки аварії.

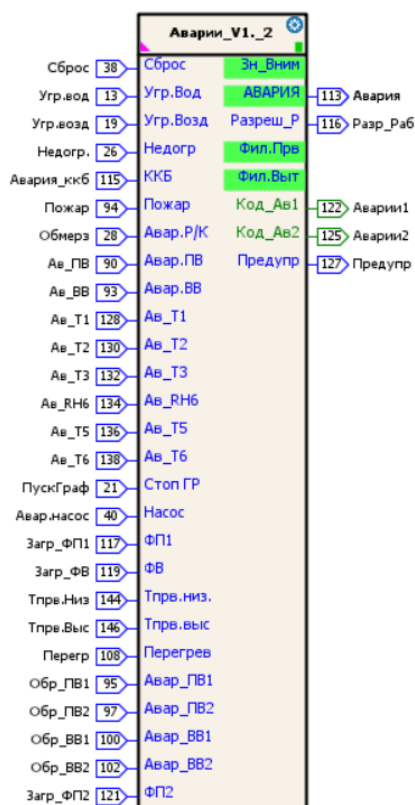


Рис. 4.68 Блок обробки аварій системи

Блок ModBus (рис. 4.69).

В блокові реалізується алгоритм можливості задання необхідних параметрів з SCADA системи і відображення їх для користувача.

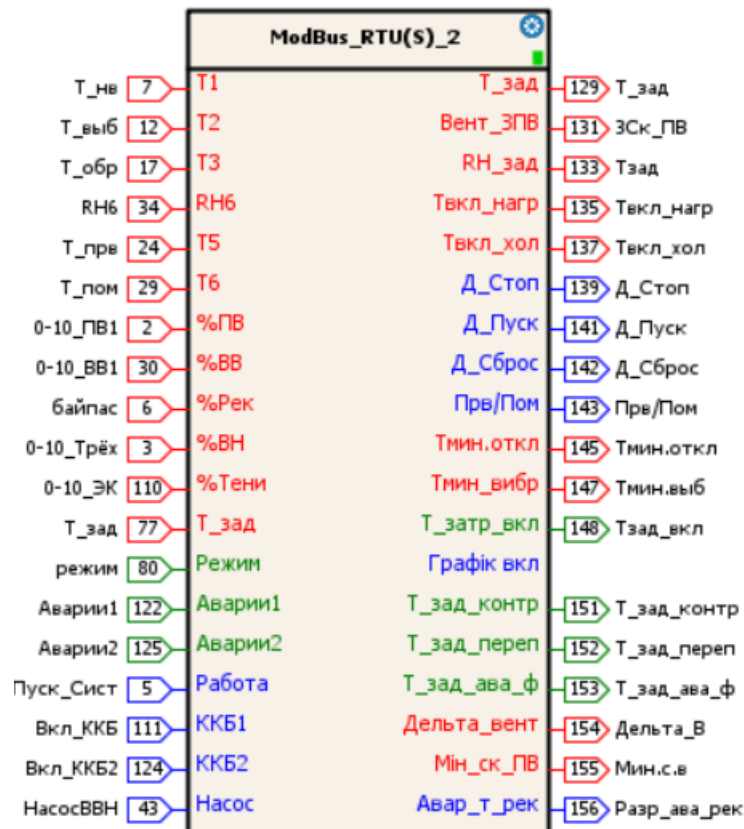


Рис. 4.69 Блок налаштування ModBus

### 4.3 Опис програмного забезпечення верхнього рівня ПТКЗА

Програмне забезпечення верхнього рівня системи автоматизації представлено у вигляді SCADA-програми. SCADA-програма включає наступні розроблені вікна: головна мнемосхема, налаштування рекуператора, налаштування водяного нагрівача, налаштування ккб, налаштування електричного нагрівача, тренди, аларми і журнал архівування.

Перед запуском система запрошує доступ. Може бути декілька рівнів доступу, для окремого персоналу. В даному випадку для Оператора був створений доступ без паролю.

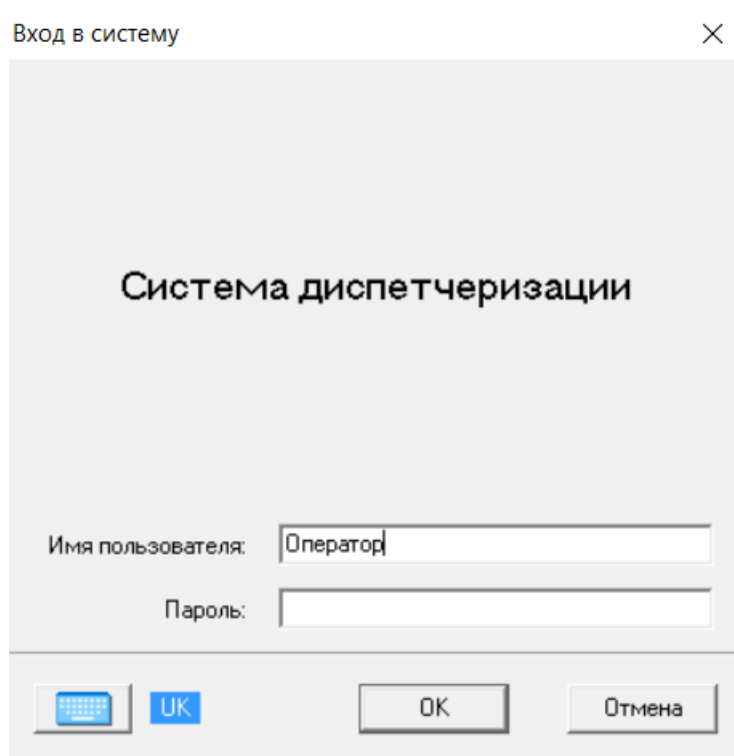


Рис. 4.70 Відно доступу

На головному вікні мнемосхеми зображено об'єкт та його технологічні параметри (рис. 4.80).

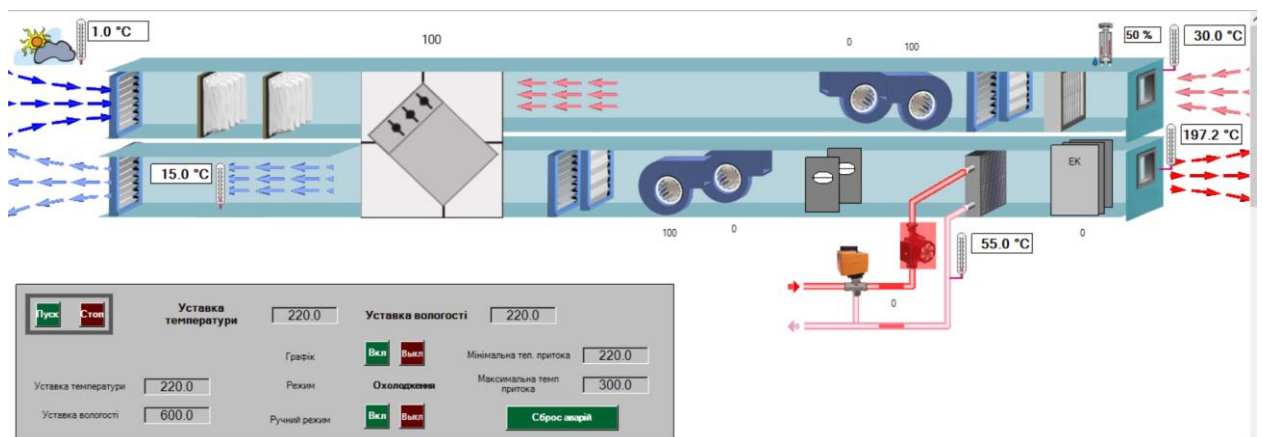


Рис. 4.80 Мнемосхема

В нижній частині знаходиться локальна панель керування, де здійснюється уставка температури та вологості. Відображується режим роботи системи, з можливістю увімкнення ручного регулювання, або роботи за графіком. Передбачення кнопка для скидання аварій.

При натисненні на рекуператор відкриється меню налаштувань рекуператора (рис. 4.81). Для повернення на головну мнемосхему передбачена кнопка «Головна».

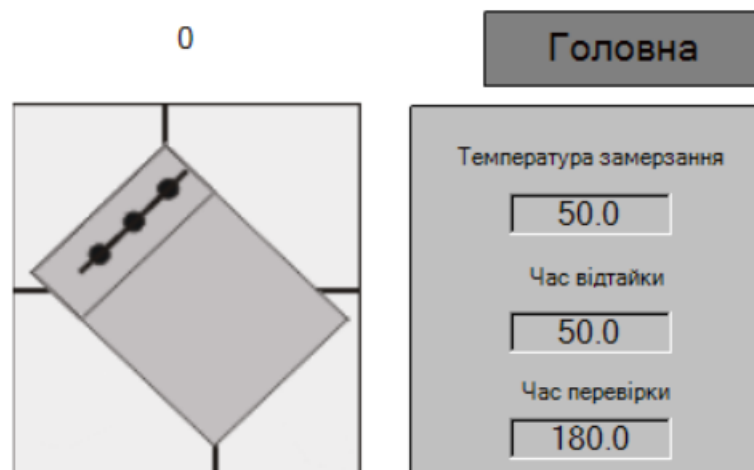


Рис. 4.81 Меню налаштування рекуператора

При натисненні на компресорно-конденсаційні блоки відкриється меню налаштувань ККБ (рис. 4.82). Для повернення на головну мнемосхему передбачена кнопка «Головна».

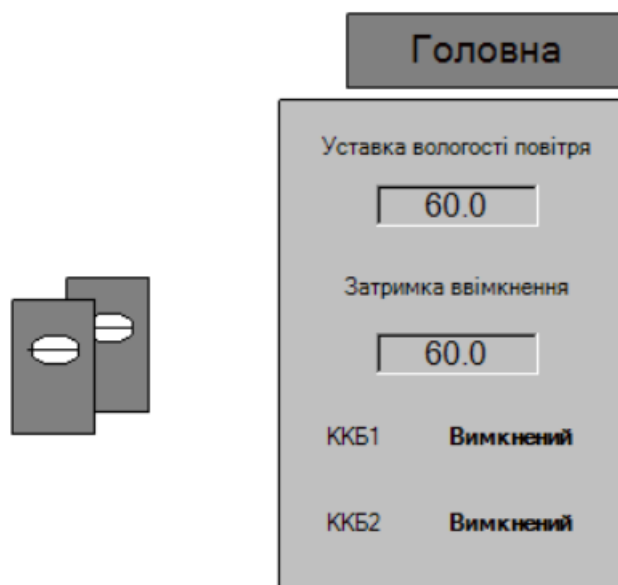


Рис. 4.82 Меню налаштування ккб

При натисненні на вентилятори відкриється меню налаштувань вентиляторів (рис. 4.83). Для повернення на головну мнемосхему передбачена кнопка «Головна».

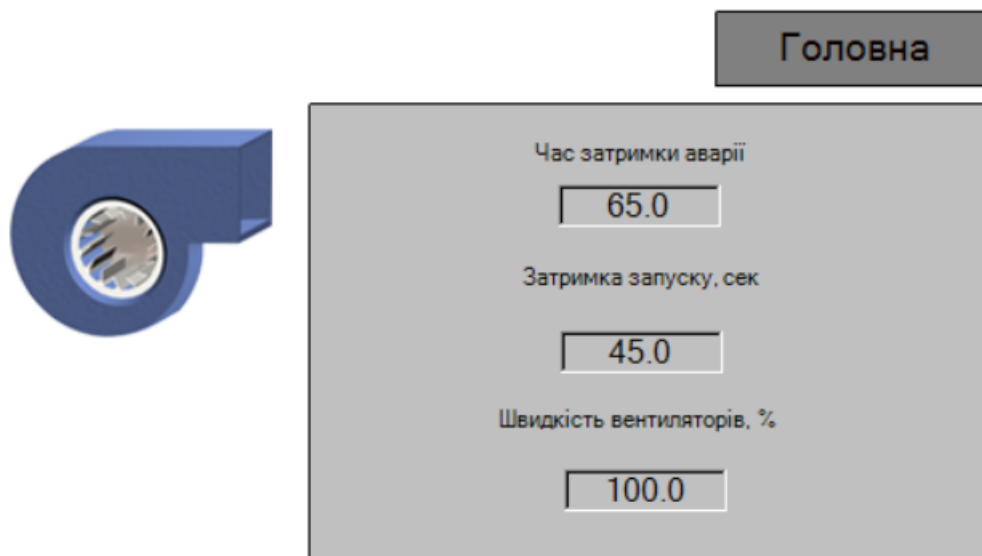


Рис. 4.83 Меню налаштування вентиляторів

При натисненні на водяний нагрівача відкриється меню налаштувань водяного нагрівача(рис. 4.84). Для повернення на головну мнемосхему передбачена кнопка «Головна».

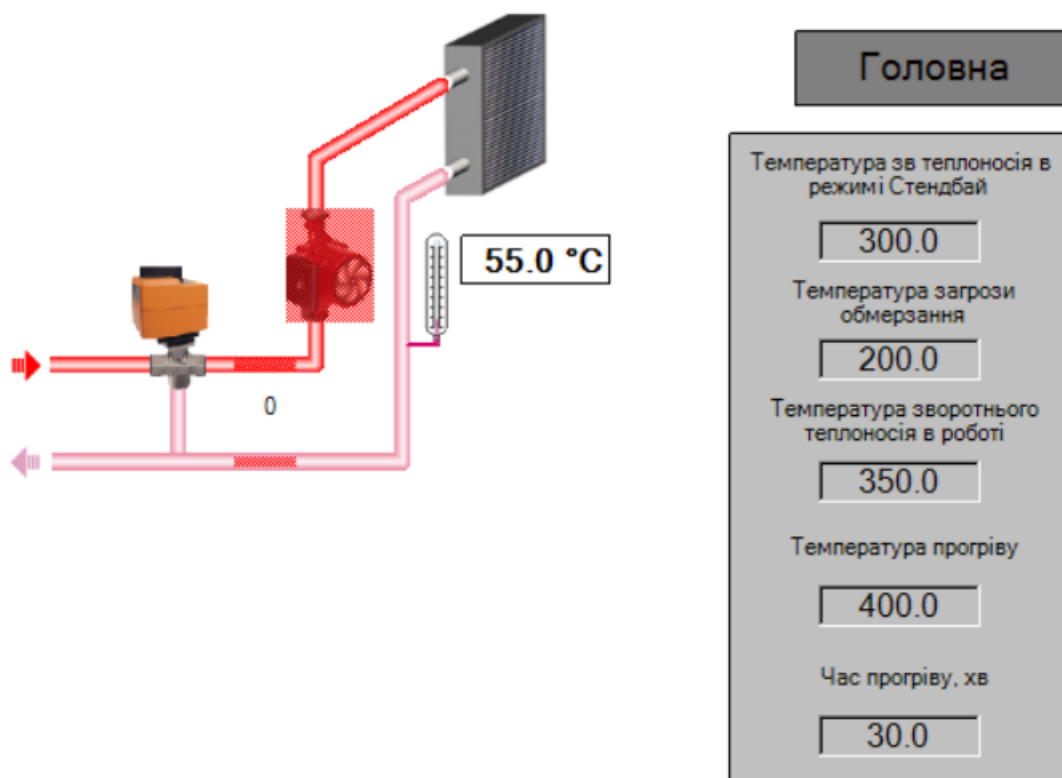


Рис. 4.84 Меню налаштування водяного нагрівача

При натисненні на електричний нагрівач відкриється меню налаштувань електричного нагрівача(рис. 4.85). Для повернення на головну мнемосхему передбачена кнопка «Головна».

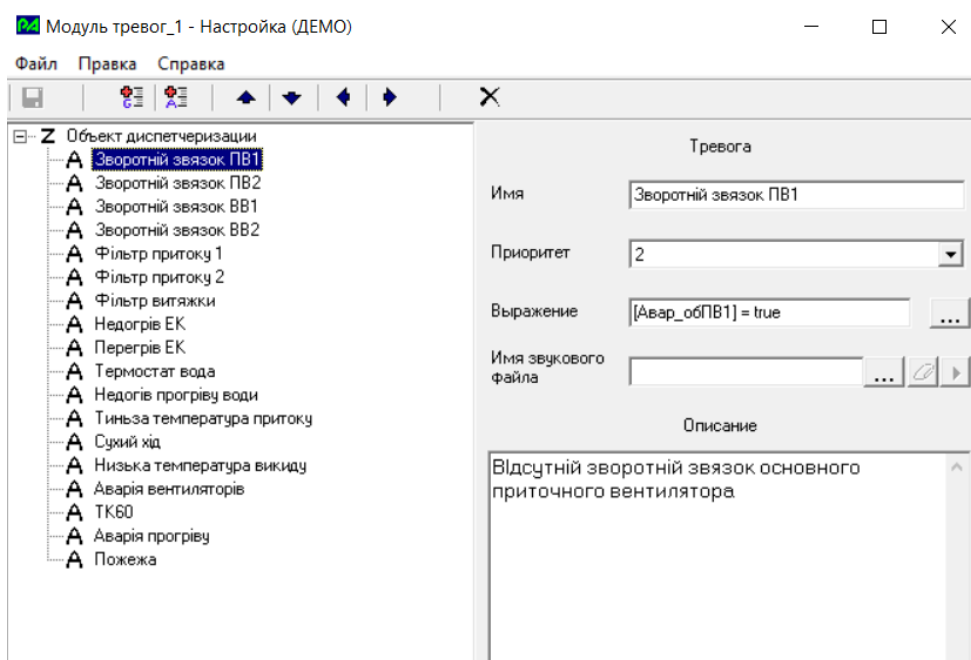




Параметр	Значення
Затримка увімкнення, с	30.0
Температура перегріву	400.0
Температура недогріву	160.0
Час аварії недогріву, хв	9.0
Час обдуву нагрівача, с	120.0

Рис. 4.85 Меню налаштування електричного нагрівача

При виході основних параметрів системи за межі допустимих значенню, спрацьовує аварія, або ж попередження, якщо даний випадок не суттєвий. Для налаштування відображення аварій в системі був налаштований модуль тривог (рис.4.86), а якому вказуються назва аварії, її опис, а також пріоритет.



Об'єкт диспетчеризації	Тривога
Зворотній зв'язок ПБ1	Имя: Зворотній зв'язок ПБ1
Зворотній зв'язок ПБ2	Приоритет: 2
Зворотній зв'язок ВВ1	Выражение: [Авар_обПБ1] = true
Зворотній зв'язок ВВ2	Имя звукового файла:
Фільтр притоку 1	Описание: Відсутній зворотній зв'язок основного приточного вентилятора
Фільтр притоку 2	
Фільтр витяжки	
Недогрів ЕК	
Перегрів ЕК	
Термостат вода	
Недогрів прогріву води	
Тиньза температура притоку	
Сухий хід	
Низька температура викиду	
Аварія вентиляторів	
TK60	
Аварія прогріву	
Пожежа	

Рис. 4.86 Модуль наладки аварий

Тревоги

Активных		Неактивных	
Не подтвержденных	2	Не подтвержденных	0
Подтвержденных	0	Подтвержденных	0

Список тревог

Название	Появилась	Подтверждена	Исчезла
Зворотний звязок ПВ2	12-06-2019 06:15:07	—	—
Зворотний звязок ПВ1	12-06-2019 06:15:07	—	—

Описание выбранной тревоги

Відсутній зворотний зв'язок резервного пригонного вентилятора

Подтвердить Снять Мнемосхема Закреть

Рис. 4.87 Активні аварії системи

Для того щоб була можливість зберігати дані для подальшого їх перегляду, був налаштований модуль архівування, де обрані дані які необхідно зберігати, і записувати їх або за зміною, або через певний інтервал часу.

Модуль архивирования\_1 - Настройка (ДЕМО)

Файл Точки диспетчеризации Справка

Объект диспетчеризации

- TE1
- TE2
- TE3
- TE5
- TE6
- RH6
- Пуск
- Стоп
- T зад
- %ПВ
- %ВВ
- %3-ходовый
- %рекуператор
- Стан системи

Выделено точек: 1 (из 96)

Способ сохранения: По изменению

Минимальное изменение: (для аналоговых точек) 1

☐ Заполнять пропуски (не рекомендуется)

Рис. 4.88 Налаштування параметрів архівування

НМІ панель та контролер з'єднуються локально за допомогою протоколу Modbus RTU через інтерфейс RS-485.

Для роботи панелі необхідні точки диспетчеризації, які створюються в Структурі ОД (рис. 4.89). Точки диспетчеризації зв'язуються з регістрами, які створюються в Модулі вводу/виводу, де вказується їх адреса та функція для зчитування, або запису в контролер (рис. 4.90).

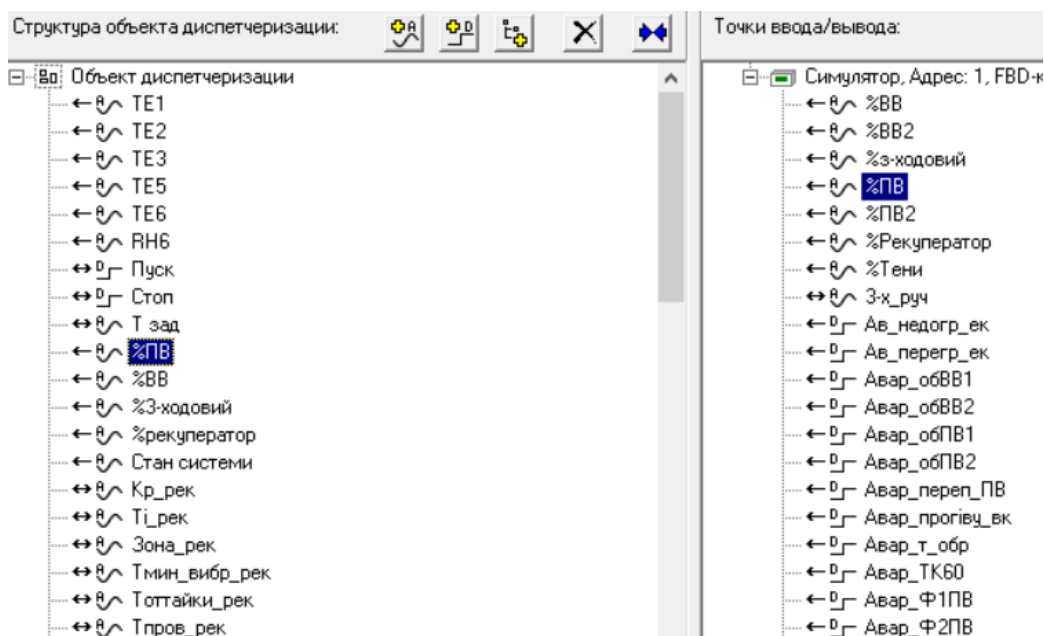


Рис. 4.89 Точки диспетчеризації системи

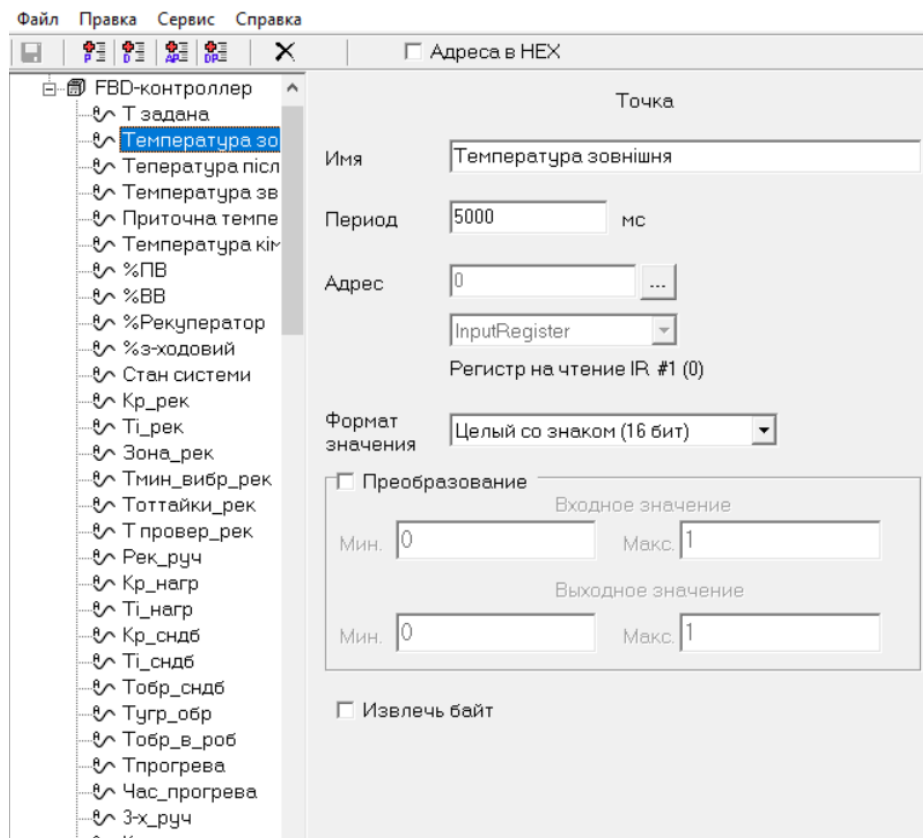


Рис. 4.90 Регістри контролера

## РОЗДІЛ 5 ПІДГОТОВКА СТАРТАП ПРОПОЗИЦІЇ

### 5.1 Опис ідеї проекту

За останні роки широко набула популярності така форма ведення та початку підприємницької діяльності як стартап. Дана форма набула своєї популярності за рахунок зниження бар'єрів входу на ринок, цьому сприяло розвиток комунікацій за допомогою Інтернету, що в разі спростило виконання таких задач як пошук партнера, знаходження постачальників та інвесторів, рекламування власного продукту. Це стало однією з ключових інноваційної економіки, оскільки за рахунок новизни, та відносно простішої форми ведення відбувається постійне зростання ідей.

Опис ідеї стартап-проекту включає в себе пояснення загальної ідеології, можливі напрямки застосування даної технології та переваги для користувача (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувачів
Розробка систем управління мікрокліматом виробничих приміщень фармакологічного виробництва з використанням регуляторів нечіткої логіки для управління окремими елементами системи	Керування приточними системами вентиляції	Простота у використанні за рахунок адаптованого інтерфейсу
	Керування приточно-втяжними системами вентиляції	Точне регулювання необхідних параметрів мікроклімату
		Точне регулювання при зміні параметрів об'єкта в порівнянні з системами з класичними ПІД регуляторами

Незважаючи на викоту популярність подібного типу початку підприємництва, впровадження стартап-проектів є ризиковим на сьогоднішній день. У зв'язку з тим, що з кожним днем пропонуються новітні ідеї, лише 10-15% стартап-проектів стають ринково успішними.

Для введення стартап-проекту на необхідно передбачати певну кількість кроків, спираючись на які, визначати перспективи на ринку.

Аналіз техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів включає в себе перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї, а також, порівняльний аналіз показників (див. табл. 5.2).

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко– економічні характерист ики ідеї	Товари/концепції конкурентів		Слабка сторона	Нейтраль на сторона	Сильна сторона
		Мій проект	Блауберг			
1.	Ціна	Середня	Висока	Ні	Ні	Так
2.	Надійність	Так	Ні	Ні	Ні	Так
3.	Простота	Ні	Так	Так/Ні	Ні	Ні
4.	Окупність	Так	Ні	Ні	Ні	Так

Новий проект або певна система завжди є складнішою в реалізації, хоча має меншу вартість з існуючими аналогами за рахунок низької позиції на ринку брендів та окупність через певний термін використання.

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (див. табл. 5.3):

- За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту;
- Необхідність розробки, або використання уже готової технології;
- Загальна доступність подібних технологій.

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Створення блоку керувань	Інженерна розробка	Доступні, необхідно допрацьовувати	Доступні авторам
2.	Створення конструкції, серійне виробництво	Комерційна розробка	Наявні	Доступні авторам
3.	Модернізація існуючих систем	Інженерне покращення	Наявні	Доступні, необхідно створити
Обрана технологія реалізації проекту: комерційна розробка з доступними технологіями готового вирощування та в якості допрацювання, без надмірних додаткових фінансових затрат				

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

При впровадженні ринкового проекту визначено ринкові можливості та загрози, що можуть перешкоджати впровадженню проекту. Також визначені можливості дозволяють спланувати напрямки розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, вимоги продуктоорієнтованих клієнтів та пропозиції конкурентів (див. табл.5.4)

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап- проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5
2.	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од	500000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу	Відсутні
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Підлягає сертифікації
6.	Середня норма рентабельності в галузі, %	15-20%

За результатами таблиці 5.4 можна зробити висновок, що ринок є досить привабливим за попереднім оцінюванням для входження.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (див. табл. 5.5).

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Регулювання мікроклімату виробничих приміщень фармакологічного виробництва	Фармакологічні фабрики, Приватні підприємства вироблення ліків,	Необхідність дотримуватись чітко визначених норм мікроклімату для коректного	Високий рівень якості, надійність функціонування системи

		лабораторії	виробництва	
--	--	-------------	-------------	--

Після як здійснилося визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та фактори, що йому перешкоджають (див табл.5.6, табл. 5.7).

Таблиця 5.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Підробка	Привласнення розробки	Додаткові признаки оригінальності
2.	Поява нових технологій які покращують роботу та можливість системи	В силу розвитку технологій з'являються нові, більш раціональні та практично вигідніші технології	Постійний розвиток, впровадження нових технологій

Таблиця 5.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Модернізація	Покращення функціонування системи	Додаткові прибутки та розвиток
2.	Рівень конкурентної боротьби - міжнаціональний	Можливий вихід продукту на міжнародний ринок	Створення документацій на різних мовах, модернізація інтерфейсу з вибором різних мов



Також проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (див. табл. 5.8).

Таблиця 5.8 Ступеневий аналіз конкуренції ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополістична	Прямі угоди з партнерами
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Міжнародна	Необхідна швидка реакція SEO
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева	Не впливає
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Між бажаннями	Не впливає
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Цінова	Впливає на рентабельність
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Не марочна	Вплив не передбачається

Окрім аналізу пропозиції, також проводиться аналіз галузі (див. табл. 5.9)

Таблиця 5.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Вентконтроль, Блауберг, Аеростар	Вентконтроль, Блауберг, Аеростар	Італійські, українські, датські виробництва	Звичайні користувачі	Копії та підробки
Висновки:	Висока інтенсивність	Є можливість входу в ринок, потенційні конкуренти на 3 роки	Відсутність диткування умов на ринку	Прагнуть мати мінімальну ціну	Відсутнє обмеження для роботи на ринку через товари-замінники

Товар може бути конкурентоспроможним на ринку за рахунок використання інноваційних рішень та швидкого просування. Окрім цього конкурентоспроможність забезпечує відсутність відомого бренду та можливість отримати систему яка буде забезпечувати точне регулювання за нижчою ціною ніж у конкурентів. Необхідно чітке обґрунтування факторів (див. табл. 5.10).

Таблиця 5.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Нижча цінова політика ніж у конкурентів	Невідомий бренд
2.	Якісне рулювання при зміні параметрів об'єкта	Здійснення точного регулювання при зміні параметрів об'єкта
3.	Точність регулювання	Отримання необхідних параметрів мікроклімату з найменшою похибкою та найменшим часом регулювання

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (див. табл. 5.11).

Таблиця 5.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Система підтримки мікроклімату в промисловому приміщенні фармакологічного виробництва»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (Блауберг)						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Низька ціна	9		+					
2.	Якісне регулювання при зміні параметрів об'єкта	16	+						
3.	Можливість точного регулювання параметрів повітря	20					+		

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза) (див. табл. 5.12).

Таблиця 5.12 SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: унікальність, економічність, точність регулювання параметрів мікроклімату в приміщенні	Слабкі сторони: відсутність веб-інтерфейсу для управління системою
Можливості: дає можливість витиснути конкурентів за рахунок економії та точності в регулюванні	Загрози: некоректність при підключенні

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 5.9,

аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (див. табл. 5.13).

Таблиця 5.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Впровадження програмного забезпечення в уже існуючі системи	Мала	3-4 дні

#### 5.4 Розробка ринкової стратегії

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (див. табл. 5.14).

Таблиця 5.14 Вибір цільової групи потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приміщення для виготовлення фармакологічних препаратів	Так	60-80%	Вище середнього	Просто
Які цільову групу обрано: приміщення для виготовлення фармакологічних препаратів, лабораторії, приватні підприємства виготовлення ліків					

Для роботи в даному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (див. табл. 5.15).

Таблиця 5.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Уособлена	Одного шару	Унікальне задоволення потреби	Спеціалізація

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (див. табл. 5.16).

Таблиця 5.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопр хідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Так	Так	Ні	Спеціалізована

Одним із наступних кроків є розробка стратегії позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплекс асоціацій), за якими споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект (див. табл. 5.17).

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Присутні	Спеціалізація	Економічність, точність регулювання параметрів мікроклімату, новизна	Надійність, точність, економічність

### 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач (див. табл. 5.18).

Таблиця 5.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Забезпечення чітких норм мікроклімату приміщення	Забезпечує швидке та точне регулювання параметрів мікроклімату, система стійка до зовнішніх збурень, економічність	Економічність, точність регулювання параметрів мікроклімату, новизна

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару (див. табл. 5.19).

Таблиця 5.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Забезпечує швидке та точне регулювання мікроклімату приміщення фармакологічного виробництва, здійснює економію на оплату енергопостачання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічний	+	0,8
	2. Доступний	-	0,4
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо		
	Пакування: піддони, ящики, герметична та ударостійка плівка		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу надані дані про комплект		
	Після продажу можливо запитати допомогу та прошивки		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: відсутність доступу до алгоритму управління системою			

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (див. табл. 5.20).

Таблиця 5.20 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товарианалог и	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	50000 грн	60000-10000 грн	0 грн	50000-150000 грн



Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (див. табл. 5.21).

Таблиця 5.21 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельно ї поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Обдуманні	Повний пакет товару	Глибока	За залученням

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (див. табл. 5.22).

Таблиця 5.22 Концепція маркетингової комунікації

№ п/ п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користують ся цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлен ня	Концепція рекламного звернення
1.	Обдуманні	Віртуальні	Економічність, точність регулювання параметрів мікроклімату	Представле ння товару як найкращог о на ринку	Точкові

## **5.6 Висновки**

Ринкова комерціалізація проекту можлива, оскільки на сьогоднішній день є попит на подібний тип продукту. Динаміка ринку стрімка, що створює поле для нових досліджень та розробок з ціллю покращення продукту та підняття його попиту. Не дивлячись на рівень конкуренції, а саме те, що на ринку безліч варіантів задовільного продукту, перспектива впровадження позитивна, оскільки є можливість запропонувати постійно зростаючій групі потенційних клієнтів технологію, яка буде здійснювати регулювання мікроклімату точніше та швидше, при тому забезпечувати економію на витрати за енергопостачання.

Також можливий варіант паралельного напрямку: оновлення уже існуючих систем, які дозволяють інтегрувати програмне забезпечення та відповідають необхідним нормам.

З огляду на це, подальша імплементація проекту є доцільною.

## ВИСНОВКИ

При розробці системи підтримки мікроклімату промислового приміщення фармакологічного виробництва було визначено основні вимоги які необхідно постійно дотримуватись для забезпечення високої якості продукції, що виробляється підприємством. Для правильного протікання технологічного процесу необхідно підтримувати температуру 22 °С, відносну вологість нажче 60% та постійний повітрообмін. Виходячи із цих умов була розроблена припливно-витяжна система, що має резервацію вентиляторів, для постійної підтримки повітрообміну при виході з ладу одного із двох вентиляторів, здійснює регулювання температури в зимній період за допомогою рекуператора та водяного нагрівача та в літній період регулювання температури і відносної вологості за допомогою компресорно-конденсаційного блоку та електрокалорифера.

Для забезпечення швидкого та точного встановлення параметрів були обрані схеми управління: каскадна схема регулювання температури в зимній та літній період та одно контурні системи регулювання температури зворотнього теплоносія та відносної вологості повітря. В зимовий період паралельно працює дві системи – каскадна схема регулювання температури повітря та одноконтурна система регулювання температури зворотнього, таким чином сигнали від регуляторів порівнюються в блоці максимум і на електропривід 3-х ходового клапану поступає більший сигнал із двох. Дане рішення необхідно для коректного регулювання температури повітря та уникнення можливості обмерзання водяного нагрівача, що може призвести до зупинки системи. В літній період також працює дві системи – каскадна схема регулювання температури повітря та одноконтурна схема регулювання відносної вологості.

Керуючись необхідними вимогами та прийнятими схемами регулювання на прийнятому до розробки контролері РАУТ МахуСon Flexy-S був розроблений алгоритм управління припливно-витяжною системою за

допомогою середовища програмування Qubix 2.14. Алгоритм здійснює автоматичне управління елементами системи та передбачає широкий функціонал для налаштування роботи то корегування необхідних даних інженером. Для зручності налаштування розроблено інженерне меню, доступ до якого можна отримати підключившись до контролера за допомогою Ethernet або Wi-Fi, а також на самому екрані контролера. Для врахування можливості інтеграції програмного забезпечення в інші схожу системи алгоритмом передбачено налаштування типу управління окремими елементами, що робить програмний продукт універсальним.

Для вирішення задачі від слідкування процесу протікання регулювання та встановлення користувачем необхідних параметрів мікроклімату, було розроблено SCADA систему, яка містить візуалізацію роботи усіх елементів системи та меню необхідних налаштувань.

Для вирішення задачі точного регулювання параметрів мікроклімату при зміні параметрів об'єкту було розроблено регулятори нечіткої логіки для управління окремими елементами системи. Відповідно до цього проведено експериментальне дослідження роботи установки в кліматичній камері з метою порівняння роботи регуляторів нечіткої логіки та стандартних ПІД регуляторів при зміні параметрів об'єкта управління. Порівняння здійснювалось за прямими показниками якості. Час регулювання системи з таким типом регулятора у 5 разів менший ніж з класичним ПІД регулятором, мінімізується перерегулювання системи, ще є важливим для приміщень фармакологічного виробництва, оскільки процес виготовлення препаратів не допускає сильного відхилення температури від встановлених норм.

Отримані результати показали, що застосування регулятора нечіткої логіки є доцільним, оскільки час регулювання та відхилення від необхідних значень є мінімальними, на відміну від ПІД регулятора, який не забезпечує задовільний перехідний процес з оптимально розрахованими коефіцієнтами при варіації параметрів об'єкта управління.

Відповідно до виконаної роботи було розроблено стартап-проект та досліджено можливість входження на ринок. Отримані результати показали, що ринкова комерціалізація проекту можлива, оскільки на сьогоднішній день є попит на подібний тип продукту серед приватних фармакологічних компаній, підприємств дотичних до фармакологічної галузі, лабораторій тощо. Одним із основних переваг продукту є те, що окрім розробки нової системи управління мікрокліматом є можливість інтеграції програмного забезпечення в уже існуючі системи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042 - 99 [Чинний від 1999-12-01]. – К., Мінрегіонбуд України, 1999. - 9с.
2. Системи опалення – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://studopedia.com.ua/1\\_58348\\_sistemi-opalennya.html](https://studopedia.com.ua/1_58348_sistemi-opalennya.html) – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
3. Системи кондиціювання повітря – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrbukva.net/page,5,46107-Sistemy-kondicionirovaniya-vozduha.html> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
4. Нечеткая система управления помещений зданий – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/nechetkaya-sistema-upravleniya-mikroklimatom-31-pomescheniy-zdaniy/viewer> - Загол. з титулу екрану. – Мова: рос. – Перевірено: 10.12.2019
5. Іванець С.А. Нечітка система управління частотним пуском вентиляного двигуна в синхронному режимі/ Іванець С.А. та Гусєв О.О. – :Вісн. Черніг. держ. теснол. ун-ту, vol. №37, 2009 р. с. 154-161.
6. Фазі-логіка – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=18969> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
7. Ротач В.Я. Теория автоматического управления — М.: Издательство МЭИ, 2004. — 400 с.
8. Каталог вентиляційного обладнання AEROSTAR Group “Енергоефективне рішення для об’єктів різного призначення”. 2018 р. – Москва: 176с.
9. Теплотехника / Берг Б. В., Витт О. К., Кузнецов Ю. В., Под ред. Баскакова А.П. - 2 изд. - Москва: Энергоатомиздат, 1991, 224с.
10. Бараненко А. В., Цветков О. Б., Лаптев Ю. А., Ховалыг Д. . Миниканальные теплообменники в холодильной технике. (рус.) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». — СПб.: [НИУ ИТМО](http://niyu.itmo.ru), 2014. — Вып. 3. — [ISSN 2310-1148](http://niyu.itmo.ru).
11. Батюк С.Г. Збірник функціональних і структурних схем типових промислових САР, Київ НТУУ „КПІ” – 2001 рік. –50 с.

12. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М.: Энергия, 1980 г.
13. Ковриго Ю.М. Конспект лекцій з теорії автоматичного керування, 2010.
14. Баган Т.Г., Кисельов Ю.Э., Бунь В.П. Методичні вказівки до вивчення дисципліни „Проектування систем автоматизації” для студентів кафедри АТЕП, Київ НТУУ „КПІ” – 2011 рік. –44 с.
15. Вплив вологості на властивості матеріалів та застосування осушувачів повітря – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dantherm.com.ua/ua/topic3g.html> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
16. Функція Гауса – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Функція\\_Гауса](https://uk.wikipedia.org/wiki/Функція_Гауса) – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
17. Остапенко Ю.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів керування: Підручник для студентів вищих закладів освіти, що навчаються за напрямом «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології». – К.: Задруга, 1999. – 424 с.
18. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Текст] / В. И. Гостев. – К.: «Радиоаматор», 2008. – 972 с. – Библиогр.: с. 944–966. – 300 экз. – ISBN 978-966-96178-2-0
19. Технічні характеристики МахуCon Flexy-S – [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.raut-automatic.kiev.ua/kontroll-ru/multipurpose-ru/easily-programming-ru/maxycon-flexy-s-platform-ru/maxycon-flexy-s-ru.html> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019
20. Технічні характеристики MC-s ADAD– [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.raut-automatic.kiev.ua/kontroll-ru/multipurpose-ru/easily-programming-ru/maxycon-flexy-s-platform-ru/mc-s-adad-ru.html> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Перевірено: 10.12.2019

## Додаток А

Тоді передаточна функція об'єкту

$$W_{об}(s) = \frac{1,5}{200s + 1} \cdot e^{-10s}$$

Передаточна функція випереджаючого об'єкта:

$$W_{вп}(s) = \frac{0,8}{100s + 1} \cdot e^{-5s}$$

Для отримання оптимальних налаштування регулятора виконаємо розрахунок за допомогою декількох методів, щоб забезпечити найкращі показники якості:

- Експрес метод - **Minimum IAE-Shinskey**;
- Метод розширених амплітудно-фазових характеристик (РАФХ).

**Розраховуємо параметри налаштування регулятора за допомогою РАФХ**

Криву розгону для об'єкта отримаємо з допомогою MatLab.

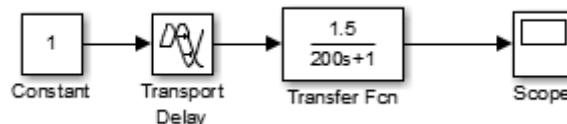


Рис. 1 Схема для побудови кривої розгону об'єкта управління

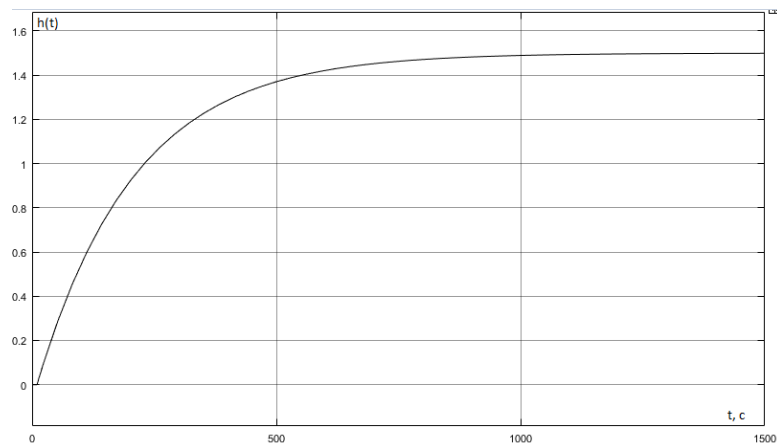


Рис. 2 Крива розгону для об'єкта управління



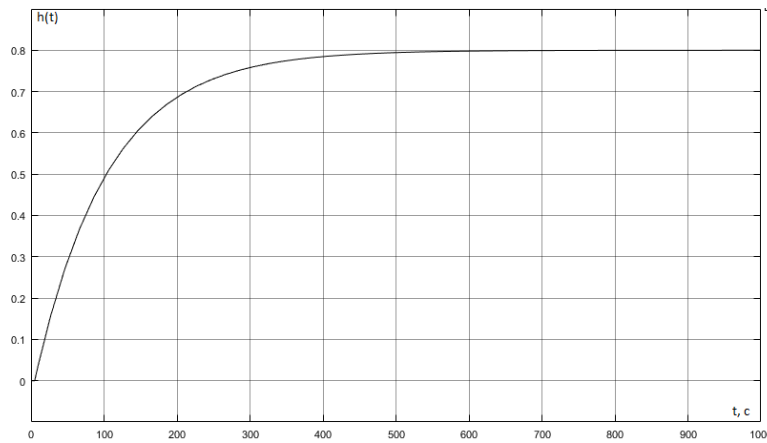


Рис. 4 Крива розгону для випереджаючого об'єкта

Виберемо перехідний процес із 20% перерегулюванням, якому

відповідає  $\psi=0,9 \Rightarrow m = \ln \frac{1-\psi}{-2\Pi} = 0,3665$ .

Побудуємо АФХ і РАФХ внутрішнього об'єкта (випереджаючого контура):

```
w=0:0.0001:0.6;
p=i*w;
W=(1.5.*exp(-10.*p))./(200.*p+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
m=0.367;
p=w*(j-m);
W1=(1.5.*exp(-10.*p))./(200.*p+1);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
plot(Re,Im,'r');
hold on
plot(Re1,Im1,'k')
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
```

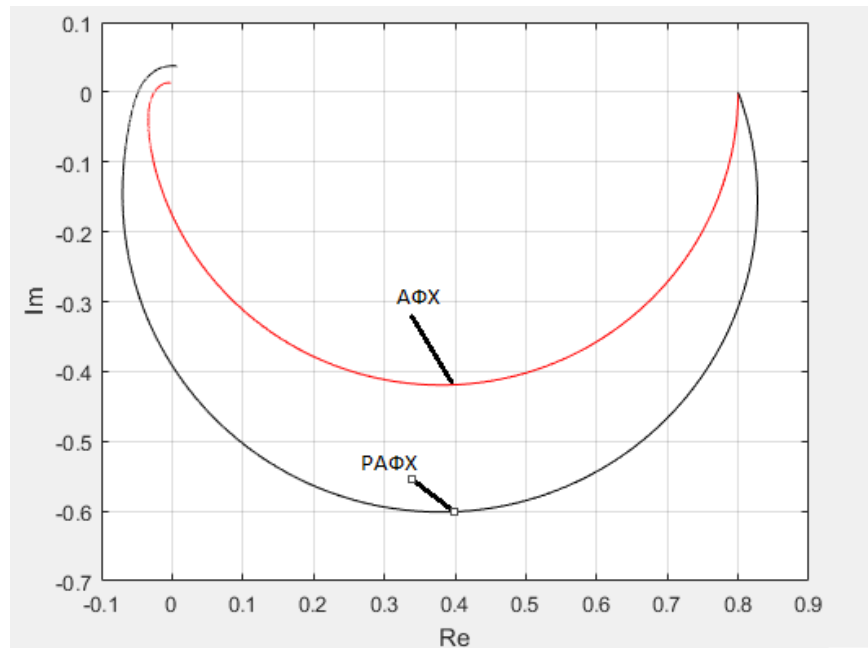


Рис. 5 АФХ і РАФХ внутрішнього об'єкта

### Розраховуємо параметри налаштувань для внутрішнього регулятора

Для побудови кривої заданої степені коливальності скористуємось формулами для ПІ-регулятора:

$$\begin{cases} K_P = -\frac{mQ_{oo}(m, \omega) + P_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)} \\ K_I = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)} \end{cases}$$

де  $K_I = \frac{K_P}{T_I}$ ,  $A_{oo}(m, \omega) = \sqrt{P_{oo}^2(m, \omega) + Q_{oo}^2(m, \omega)}$

$$m=0.367;$$

$$\omega=0:0.0001:0.36;$$

$$W=(0.8 \cdot \exp(-5 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega))) / (20 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1);$$

$$\text{Re} = \text{real}(W);$$

$$\text{Im} = \text{imag}(W);$$

$$K_P = -(m \cdot \text{Im} + \text{Re}) / (\text{Im}^2 + \text{Re}^2);$$

$$K_I = -\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im} / (\text{Im}^2 + \text{Re}^2);$$

$$\text{plot}(K_P, K_I, '-k');$$

```

ylabel('Kp/Tu');
xlabel('Kp');
grid on;
end

```

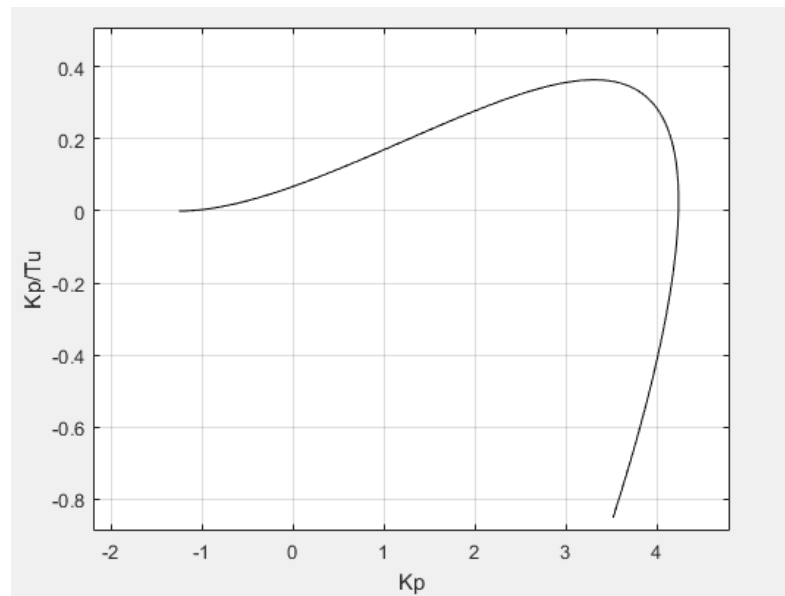


Рис. 6 Крива заданого ступеня коливальності ( $K_p=3,70363$ ,  $K_i=0,346484$ )

Для ПІ регулятора, визначимо налаштування як  $K_p$  від  $K_i=0.95\max(K_i)$

$K_p=3,70363$ ,  $K_i=0,346484$ ,  $T_i=10,689180$

```

w=0.04:0.001:0.6;
m=0.367;
s=w.*(-m+j);
Wop=(0.8.*exp(-5.*s))./(20.*s+1);
Wr_v=3.70363.*(1+1./(10.689180.*s));
Wrs=Wr_v.*Wop;
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'r')
grid on
hold on
s=w.*j;

```

```

Wop=(0.8.*exp(-5.*s))./(20.*s+1);
Wr_v=3.70363.*(1+1./(10.689180.*s));
Wrs=Wr_v.*Wop;
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'k')
xlabel('Re(w)')
ylabel('Im(w)')
end

```

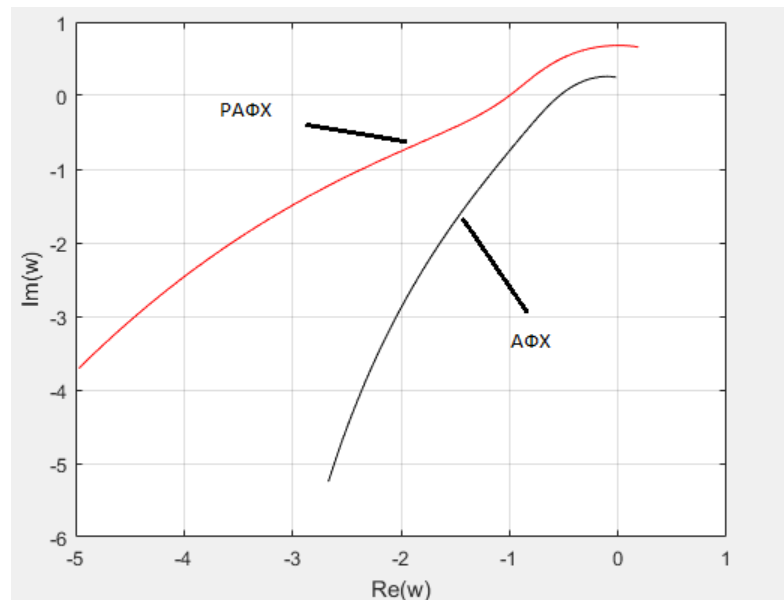


Рис. 7 АФХ і РАФХ РС для внутрішнього контуру з ПІ-регулятором

Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку  $(-1; j0)$ . Це значить, що отримана система повинна мати корневий показник коливальності  $m$ , рівний заданому:  $m=m^*=0,367$ .

Перехідні процеси для внутрішнього контуру з ПІ регулятором

Змоделюємо перехідний процес у внутрішньому контурі з оптимальними налаштуваннями регулятора:



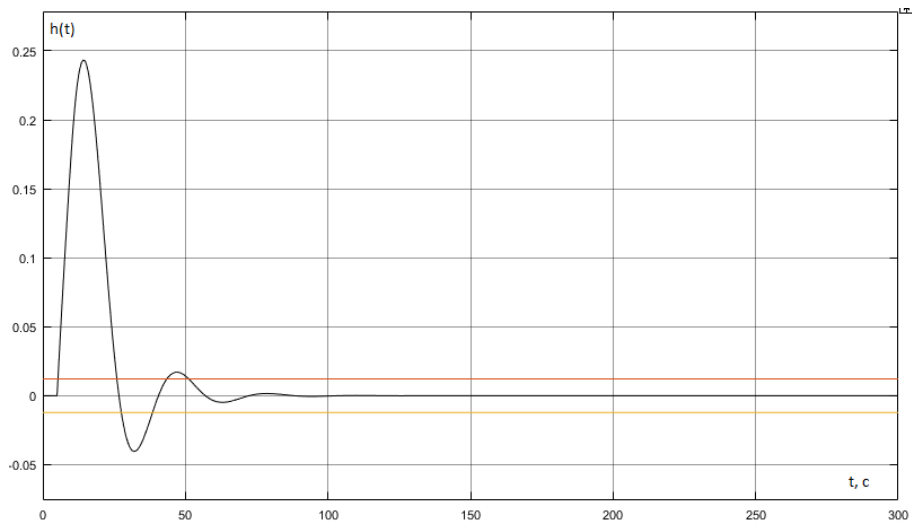


Рис. 11 Перехідний процес у внутрішньому контурі по каналу збурення-вихід

Таблиця 1 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал	
	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,5304	0,2432
Час регулювання,с	40,45	51,15
Степінь затухання	0,91	0,93
Перерегулювання,%	53,04	16,6

### Розрахуємо параметри налаштувань для зовнішнього ПІ-регулятора

Передаюча функція еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора може бути розрахована по формулі:

$$W_{\text{внешн. (экв.)}} = \frac{W_p(\text{внутр.})W_{об}(\text{ин.})W_{об}(\text{оп.})}{1+W_p(\text{внутр.})W_{об}(\text{оп.})}$$

Побудуємо границю заданої степені коливальності для САК із ПІ-регулятором, використаємо формули для ПІ-регулятора:

$$K_P = -\frac{mQ_{oo}(m, \omega) + P_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)}$$

$$K_H = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)},$$

$$\text{де } K_H = \frac{K_P}{T_H}, \quad A_{oo}(m, w) = \sqrt{P_{oo}^2(m, w) + Q_{oo}^2(m, w)}$$

Побудуємо криву заданої степені коливальності еквівалентного об'єкта.

```
w=0.04:0.001:0.3;
```

```
m=0.367;
```

```
s=w.*(-m+j);
```

```
Kp=3.70363;
```

```
Ti=10.689180;
```

```
Wop= (0.8.*exp(-5.*s))./(100.*s+1);
```

```
Win=(1.5.*exp(-10.*s))./(200.*s+1);
```

```
Wp_v=Kp*(1+1./(Ti.*s));
```

```
We=(Wp_v.*Win.*Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
```

```
Re=real(We);
```

```
Im=imag(We);
```

```
A=Re.^2+Im.^2;
```

```
Kp=-(m.*Im+Re)./A;
```

```
Ki=-w.*(m^2+1).*Im./A;
```

```
plot(Kp,Ki)
```

```
xlabel('Kp')
```

```
ylabel('Ки')
```

```
grid on
```

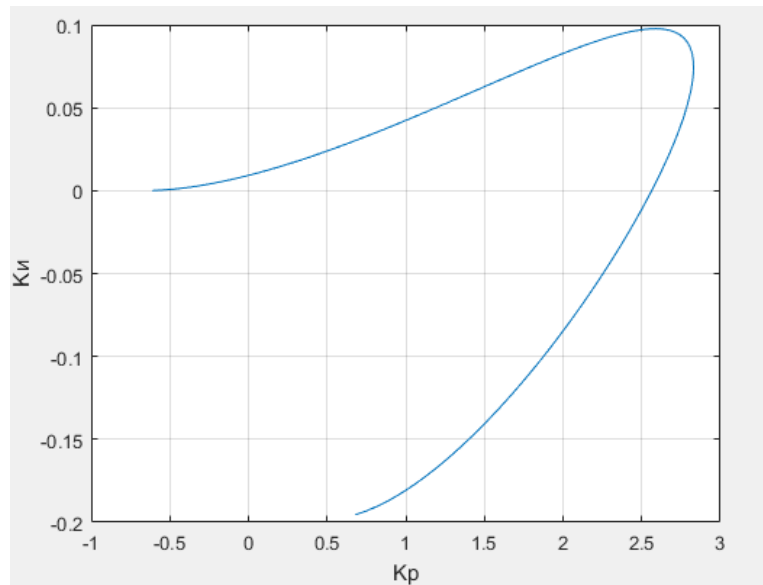


Рис. 12 Графік залежності  $K_i$  від  $K_r$ . (1 -  $K_r=2,759$ ,  $K_i=0,0927675$ )

Для ПІ-регулятора визначимо налаштування як  $K_r$  від  $K_i=0.95\max(K_i)$

$$K_r = 2,759$$

$$K_i = 0,0927675$$

$$T_i = 29,7410192$$

Перевіримо правильність визначення параметрів  $K_r$  і  $T_i$  для ПІ-регулятора.

Для цього необхідно побудувати РАФХ РС для зовнішнього контуру.

$$W_{pc} = W_{gl\_reg} * \frac{W_p(\text{внутр.})W_{ob}(\text{ин.})W_{ob}(\text{оп.})}{1 + W_p(\text{внутр.})W_{ob}(\text{оп.})}$$

$$w = 0.01:0.001:1;$$

$$m = 0.367;$$

$$s = w.*j - m.*w;$$

$$K_r = 2.759;$$

$$T_i = 29.7410192;$$

$$K_{p1} = 3.70363;$$

$$T_{i1} = 10.689180;$$

$$W_{op} = (0.8.*\exp(-5.*s))./(20.*s+1);$$

$$W_{in} = (1.5.*\exp(-10.*s))./(100.*s+1);$$

$$W_{p\_v} = K_{p1}*(1+1./(T_{i1}.*s));$$



```

Wp_g=Kp*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*(Wp_v.*Win. *Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'r')
xlabel('Re(w)')
ylabel('Im(w)')
grid on
hold on
s=w.*j;
Wp_v=Kp1*(1+1./(Ti1.*s));
Wp_g=Kp*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*(Wp_v.*Win. *Wop)./(1+Wp_v.*Wop);
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'k')

```

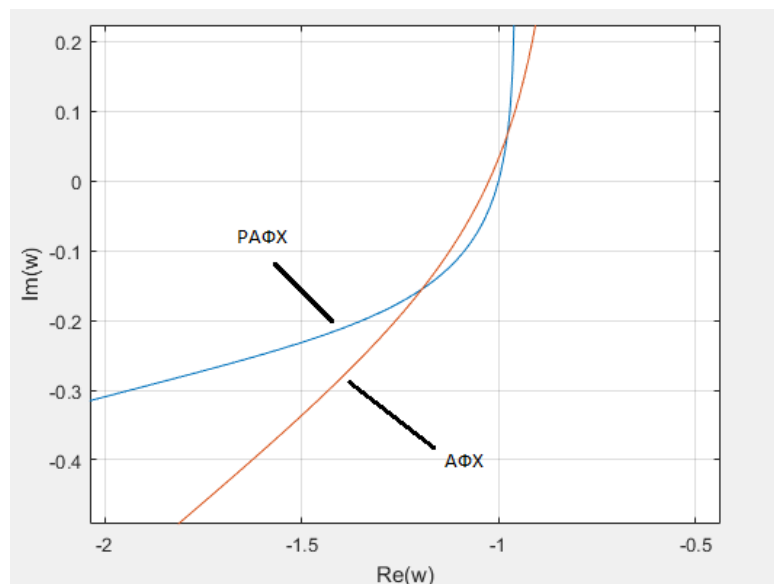


Рис. 13 АФХ і РАФХ РС із еквівалентним об'єктом і  
отриманими налаштуваннями

Видно, що РАФХ розімкнутої системи проходить через точку  $(-1;j0)$ . Це значить, що отримана система повинна мати кореневий показник коливальності  $m$ , рівний заданому:  $m=m^*=0,367$ .

Перехідні процеси для зовнішнього контуру з ПІ регулятором  
Змодельємо перехідний процес у зовнішньому контурі з оптимальними налаштуваннями регулятора:

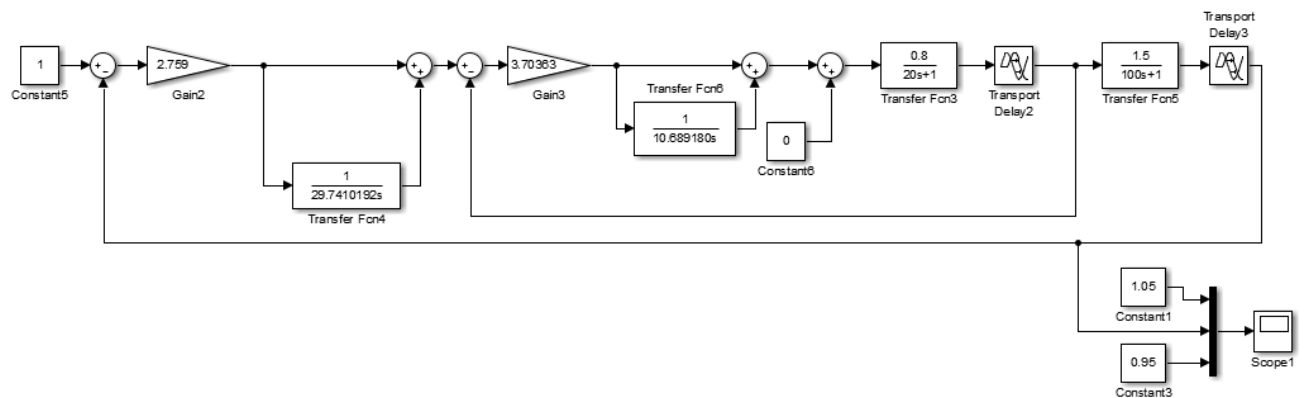


Рис. 14 Зовнішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором

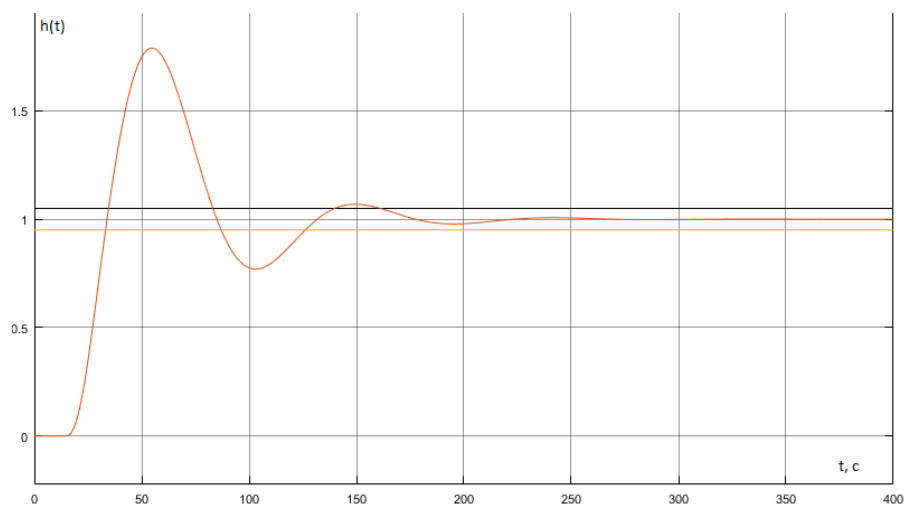


Рис. 15 Перехідний процес у зовнішньому контурі по каналу завдання-вихід

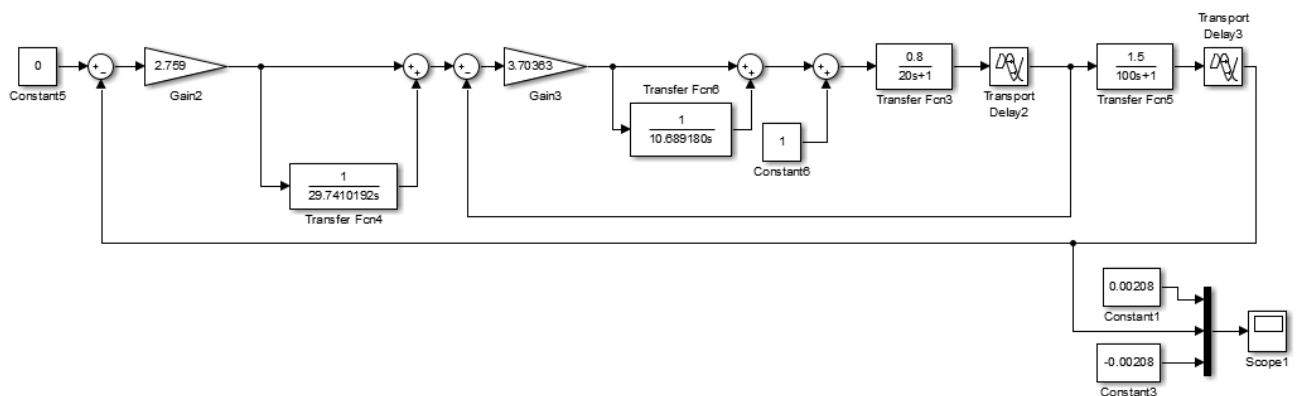


Рис. 16 Зовнішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором

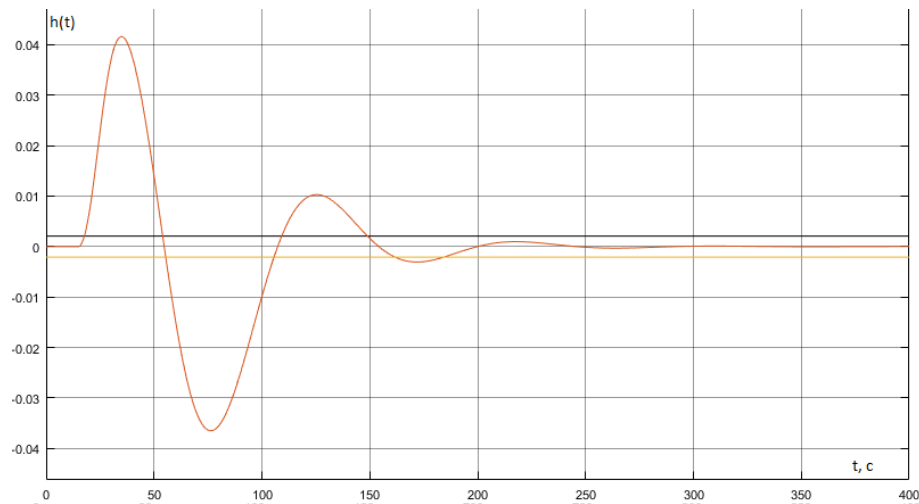


Рис. 17 Перехідний процес у зовнішньому контурі по каналу збурення-вихід

Таблиця 2 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал	
	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,7895	0,0416
Час регулювання,с	160,9	184,4
Степінь затухання	0,9126	0,7524
Перерегулювання,%	78,95	87,69

**Розрахуємо систему без внутрішнього контуру з ПІ-регулятором**

Побудуємо криву заданої степені коливальності:

$$w=0:0.001:0.2;$$

$$m=0.367;$$

$$s=w.*(-m+j);$$

$$Win=(1.5.*\exp(-10.*s))./(100.*s+1);$$

$$Re=\text{real}(Win);$$

$$Im=\text{imag}(Win);$$

$$A=Re.^2+Im.^2;$$

```

Kp=-(m.*Im+Re)./A;
Ki=-(w.*(m.^2+1).*Im)./A;
plot(Kp,Ki)
xlabel('Kp')
ylabel('Ки')
grid on

```

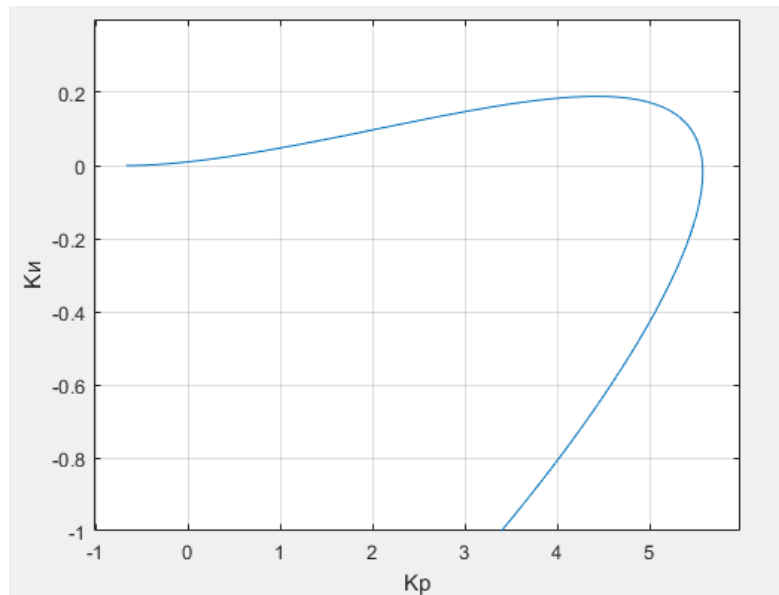


Рис. 18 Графік залежності Ки від Кр. (1 -  $K_p=4,8765$ ,  $K_i=0,17993$ )  
 Для ПІ-регулятора визначимо налаштування як Кр від  $K_i=0.95\max(K_i)$   
 $K_p=4,8765$   
 $K_i=0,17993$   
 $T_i=27,1022064$

Перевіримо правильність визначення параметрів Кр і Ти для ПІ-регулятора.

Для цього необхідно побудувати РАФХ РС.

```

w=0.002:0.001:0.3;
m=0.367;
s=w.*j-m.*w;
Kp=4.8765;

```

```

Ti=27.1022064;
Win=(1.5.*exp(-10.*s))./(100.*s+1);
Wp_g=Kp.*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*Win;
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'r')
xlabel('Re(w)')
ylabel('Im(w)')
grid on
hold on
s=w.*j;
Wp_g=Kp*(1+1./(Ti.*s));
Wrs=Wp_g.*Win;
Re=real(Wrs);
Im=imag(Wrs);
plot(Re,Im, 'k')

```

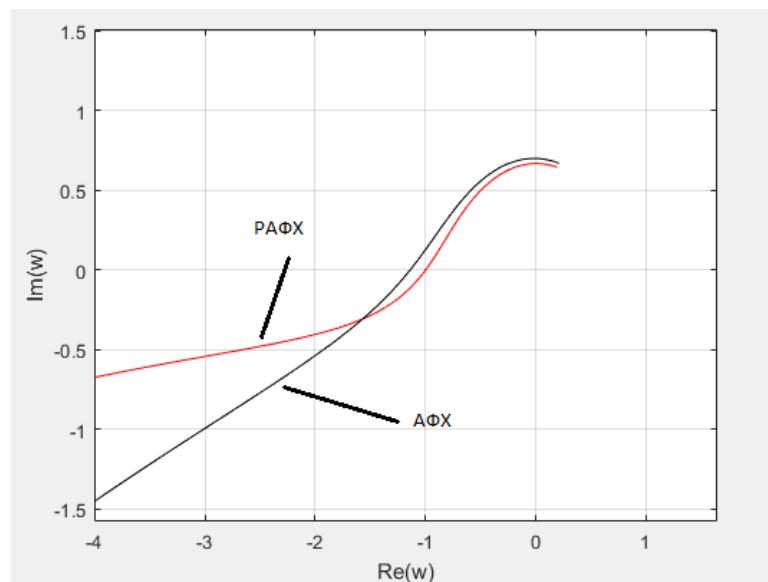


Рис. 19 АФХ і РАФХ РС із об'єктом і отриманими налаштуваннями

Видно, що РАФХ розімкнutoї системи проходить через точку  $(-1;j0)$ .  
 Це значить, що отримана система повинна мати кореневий показник  
 коливальності  $m$ , рівний заданому:  $m=m^*=0,367$ .

Перехідні процеси для внутрішнього контуру з ПІ регулятором  
 Змодельємо перехідний процес у внутрішньому контурі з  
 оптимальними налаштуваннями регулятора:

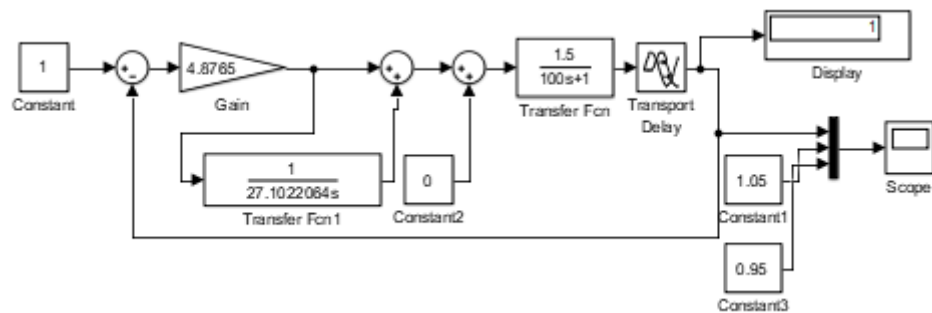


Рис. 20 Система САК без внутрішнього контуру із ПІ-регулятором

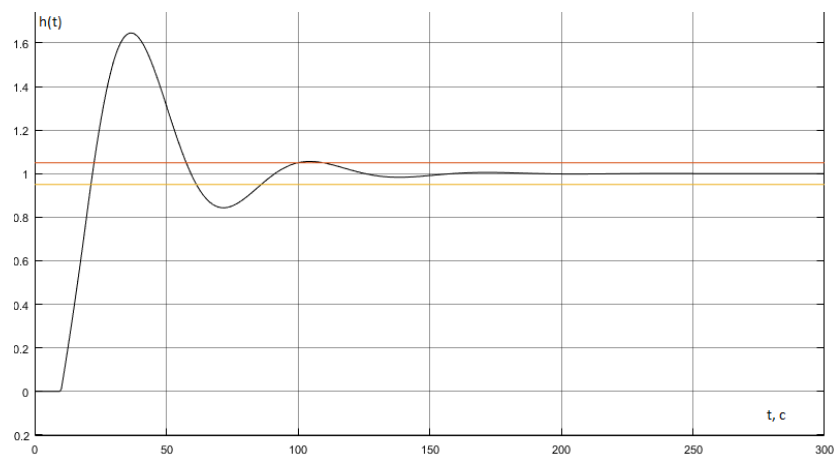


Рис.21 Перехідний процес у САК по каналу завдання-вихід

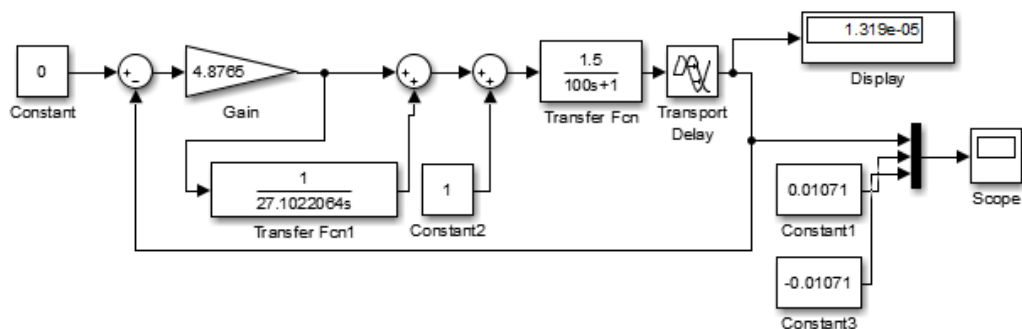


Рис. 22 Система САК без внутрішнього контуру із ПІ-регулятором

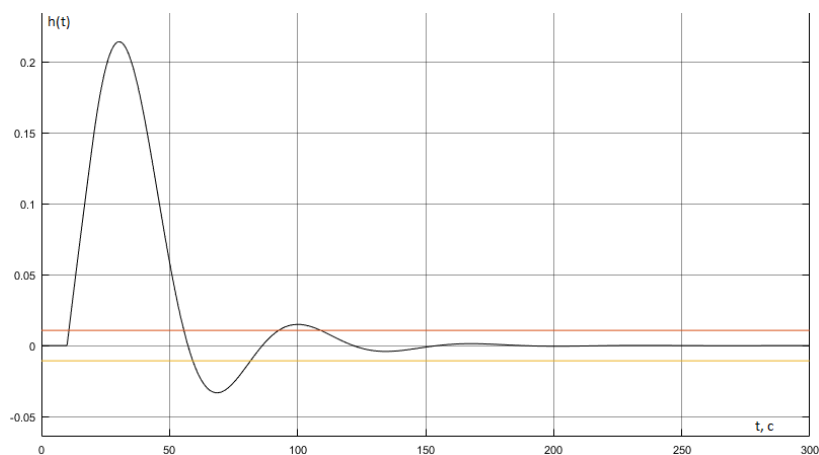


Рис. 23 Перехідний процес у САК по каналу збурення-вихід

Таблиця 3 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал	
	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,646	0,2142
Час регулювання,с	109,54	109,04
Степінь затухання	0,9101	0,9299
Перерегулювання,%	64,6	15,52

**Розраховуємо параметри налаштування регулятора за допомогою**

**Minimum IAE-Shinsky**

Для розрахунку параметрів регулятора оберемо експрес метод:

**Minimum IAE-Shinsky:**

**Розраховуємо параметри налаштувань для внутрішнього регулятора**

$$K_p = \frac{0,74T_m}{K_m\tau_m} = \frac{0,74 \cdot 20}{0,8 \cdot 5} = 3,7$$

$$T_u = 4,06 \cdot \tau_m = 4,06 \cdot 5 = 20,3$$

Перехідні процеси для внутрішнього контуру з ПІ регулятором

Змоделюємо перехідний процес у внутрішньому контурі з

оптимальними налаштуваннями регулятора:

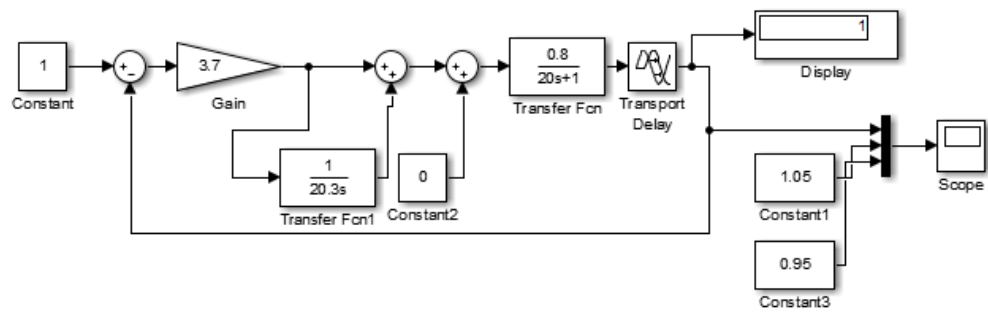


Рис. 24 Внутрішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором

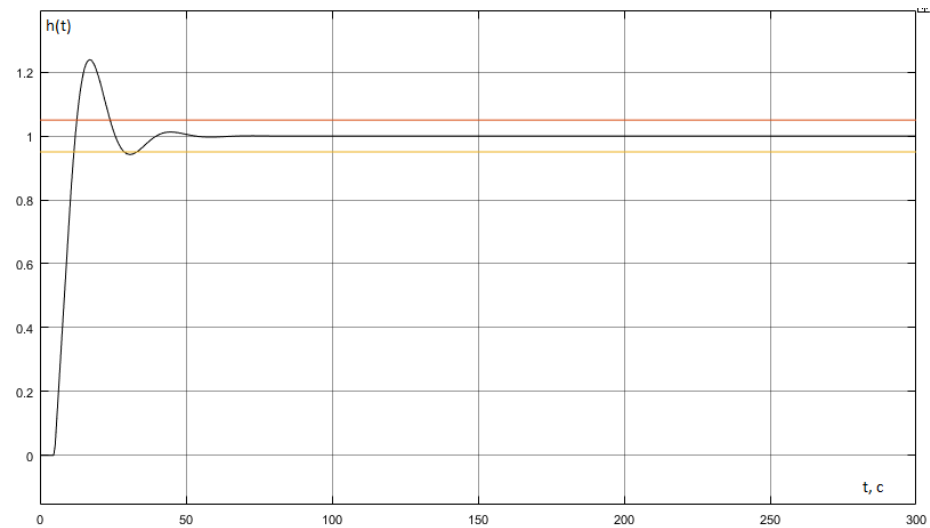


Рис.25 Перехідний процес у внутрішньому контурі по каналу завдання-вихід

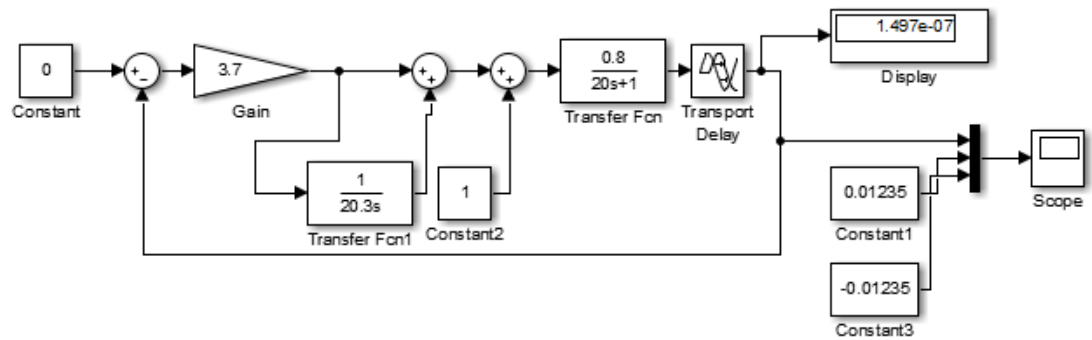


Рис. 26 Внутрішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором



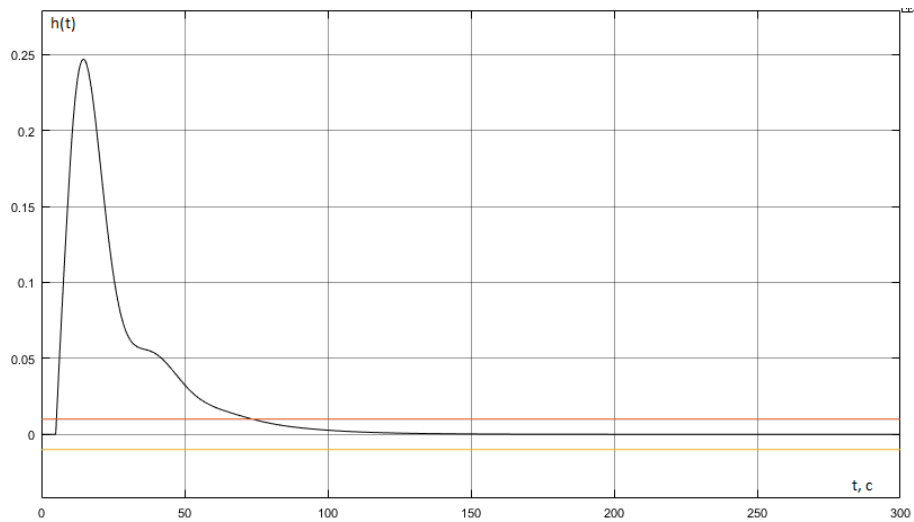


Рис. 27 Перехідний процес у внутрішньому контурі по каналу збурення-вихід

Таблиця 4 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал	
	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,2388	0,247
Час регулювання,с	33,13	73,7
Степінь затухання	0,94	1
Перерегулювання,%	23,88	-

### Розрахуємо параметри налаштувань для зовнішнього ПІ-регулятора

Передаточна функція еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора може бути розрахована по формулі:

$$W_{\text{внешн. (экв.)}} = \frac{W_p(\text{внутр.}) W_{\text{об(ин.)}} W_{\text{об(оп.)}}}{1 + W_p(\text{внутр.}) W_{\text{об(оп.)}}}$$

$$W_{\text{внешн. (экв.)}} = \frac{3.70363 * \left(1 + \frac{1}{10.689180}\right) * \frac{0.8e^{-5s}}{20s + 1} * \frac{1.5e^{-10s}}{100s + 1}}{3.70363 * \left(1 + \frac{1}{10.689180}\right) * \frac{1.5e^{-10s}}{100s + 1} + 1}$$

Побудуємо даний об'єкт в середовищі Matlab

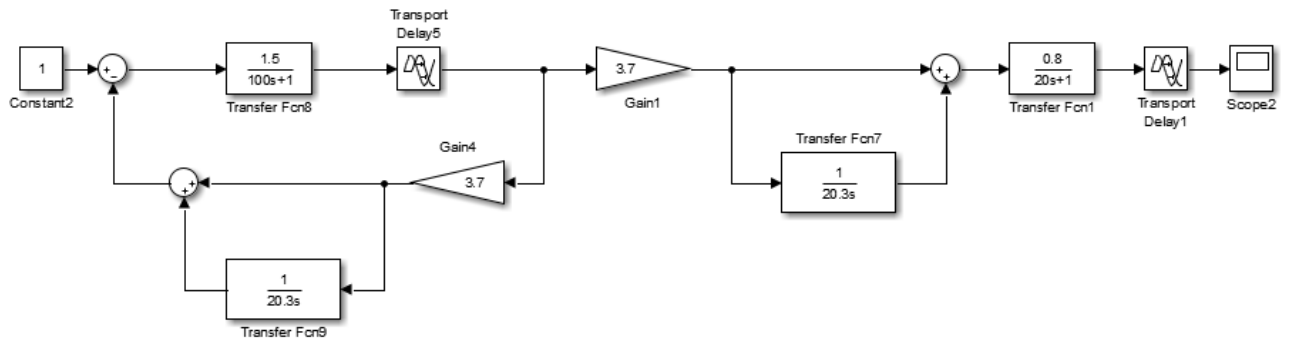


Рис. 28 Схема еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора

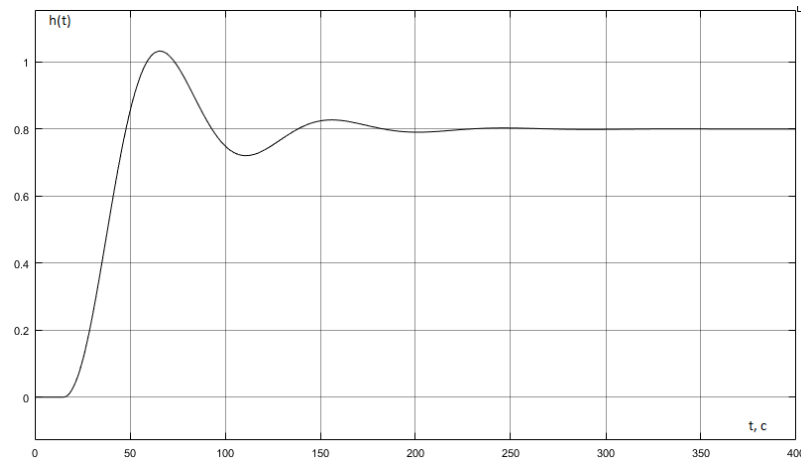


Рис. 29 Крива розгону еквівалентного об'єкта для зовнішнього регулятора

По виду переходної характеристики можна встановить, що даний процес близький к адо аперіодичної ланки 1-го порядку. Апроксимуємо аперіодичною ланкою 1-го порядку:

Відповідно до отриманої кривої, параметри АП ланки:

- Коефіцієнт підсилення об'єкта  $K_{об} = 0,8$
- Постійна часу  $T_{об} = 30$  с
- Транспортне запізнення  $\tau_{об} = 15$  с

Побудуємо даний об'єкт в середовищі Matlab

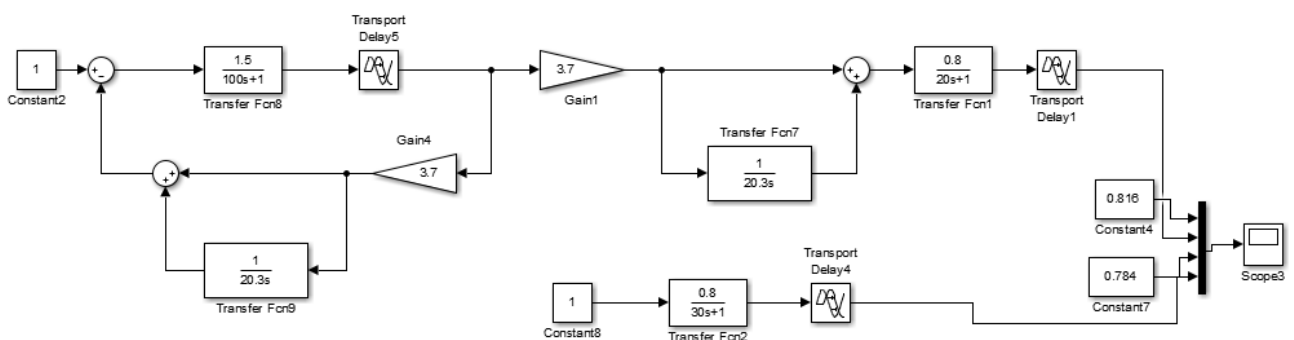


Рис. 30 Схема об'єкта зовнішнього регулятора зведеного до АП ланки 1-го порядку

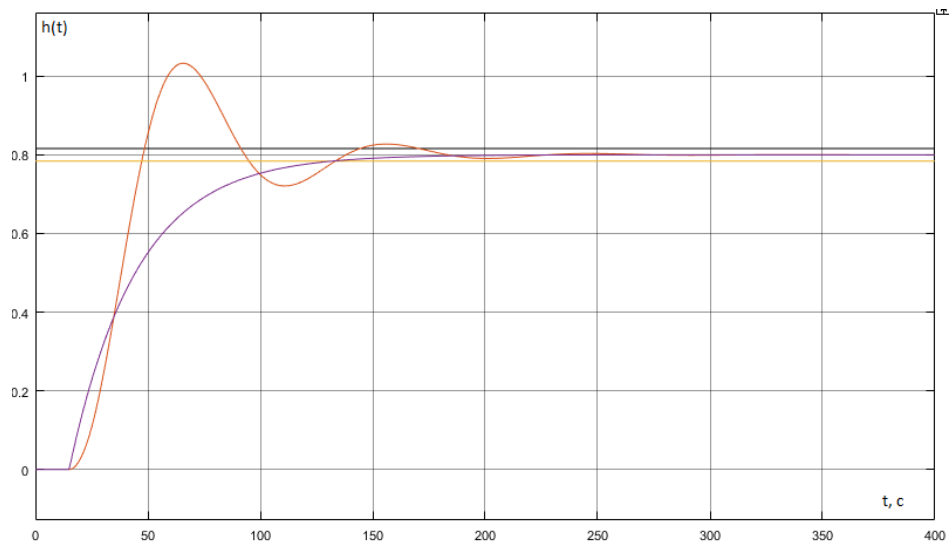


Рис. 31 Поєднанні криві розгону та апроксимованої кривої

Розрахуємо параметри регулятора обраним експрес методом:

$$K_p = \frac{0,74T_m}{K_m\tau_m} = \frac{0,74 \cdot 30}{0,8 \cdot 15} = 1,85$$

$$T_u = 4,06 \cdot \tau_m = 4,06 \cdot 15 = 60,9$$

Перехідні процеси для зовнішнього контуру з ПІ регулятором

Змоделюємо перехідний процес у зовнішньому контурі з

оптимальними налаштуваннями регулятора:

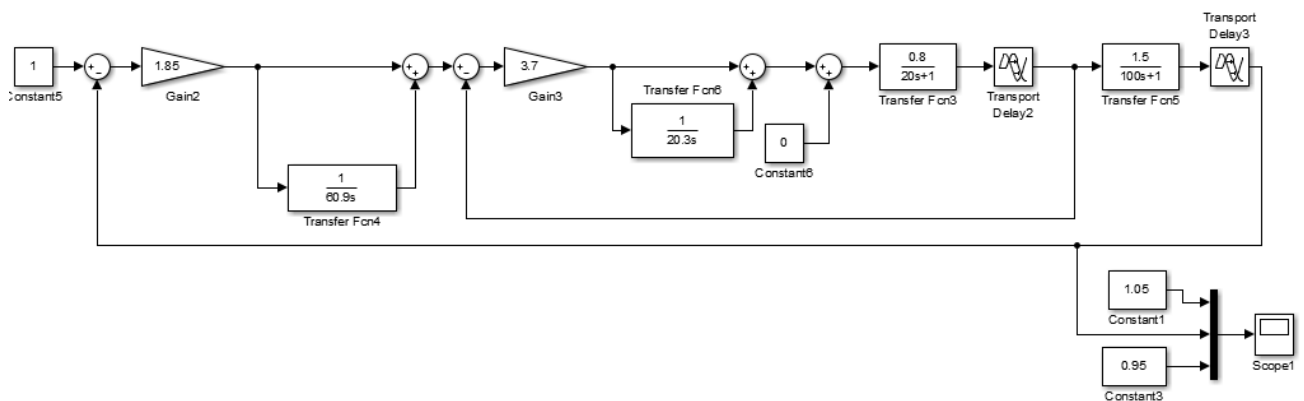


Рис. 32 Зовнішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором

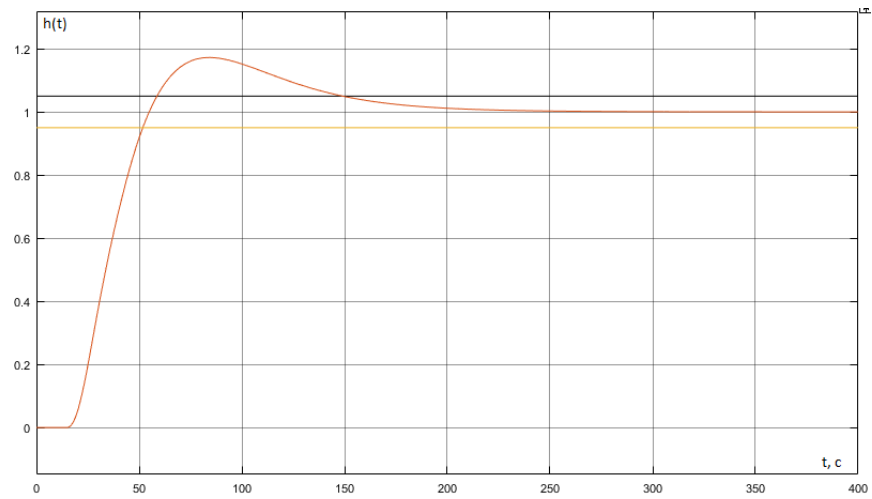


Рис. 33 Перехідний процес у зовнішньому контурі по каналу завдання-вихід

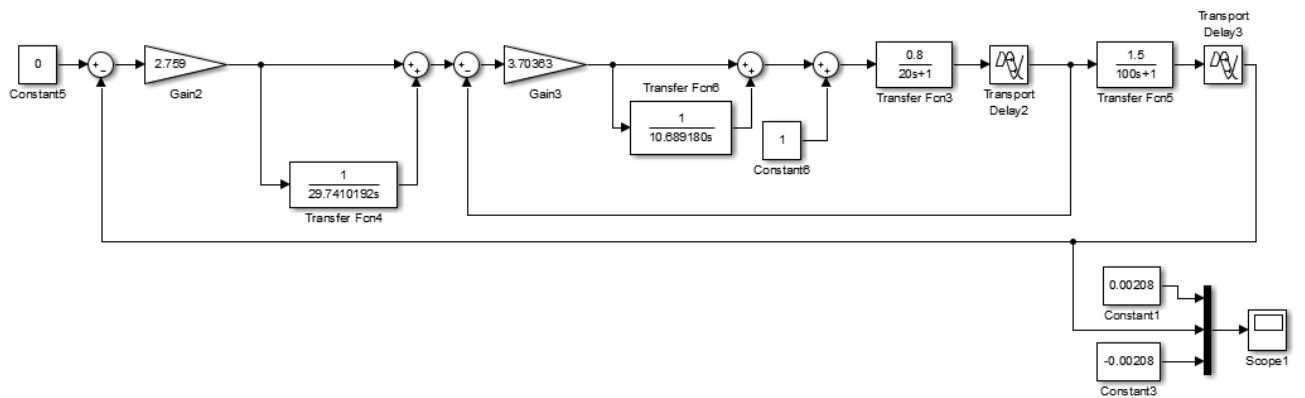


Рис. 34 Зовнішній контур каскадної САК із ПІ-регулятором

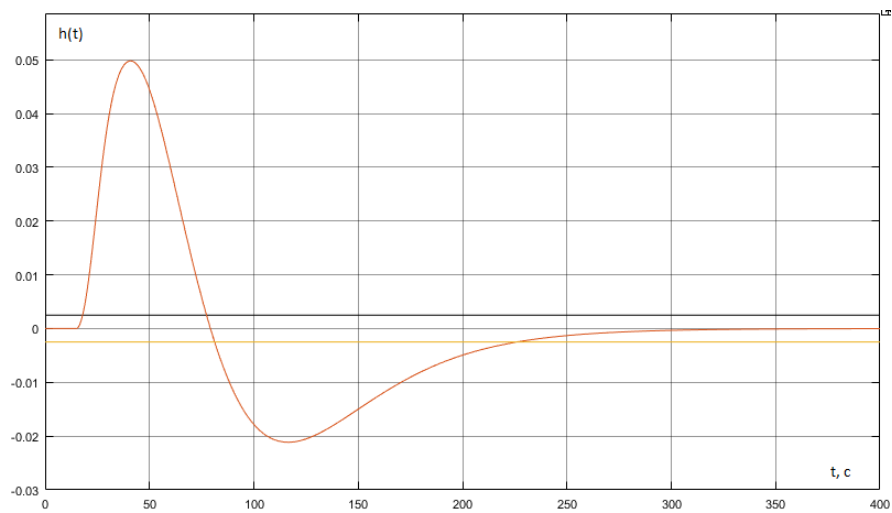


Рис. 35 Перехідний процес у зовнішньому контурі по каналу збурення-вихід

Таблиця 5 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал
-----------------	-------

	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,1723	0,0498
Час регулювання,с	149,1	226,2
Степінь затухання	1	1
Перерегулювання,%	17,23	42,49

### Розрахуємо систему без внутрішнього контуру з ПІ-регулятором

Розрахуємо параметри регулятора обраним експрес методом:

$$K_p = \frac{0,74T_m}{K_m\tau_m} = \frac{0,74*100}{1,5*10} = 4,93$$

$$T_u = 4,06 * \tau_m = 4,06 * 10 = 40,6$$

Перехідні процеси для внутрішнього контуру з ПІ регулятором

Змоделюємо перехідний процес у внутрішньому контурі з оптимальними налаштуваннями регулятора:

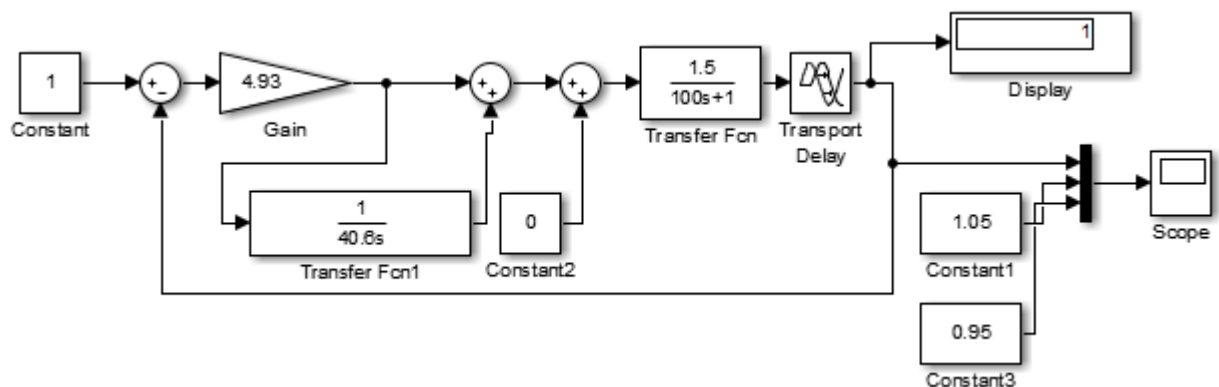


Рис. 36 Система САК без внутрішнього контуру із ПІ-регулятором

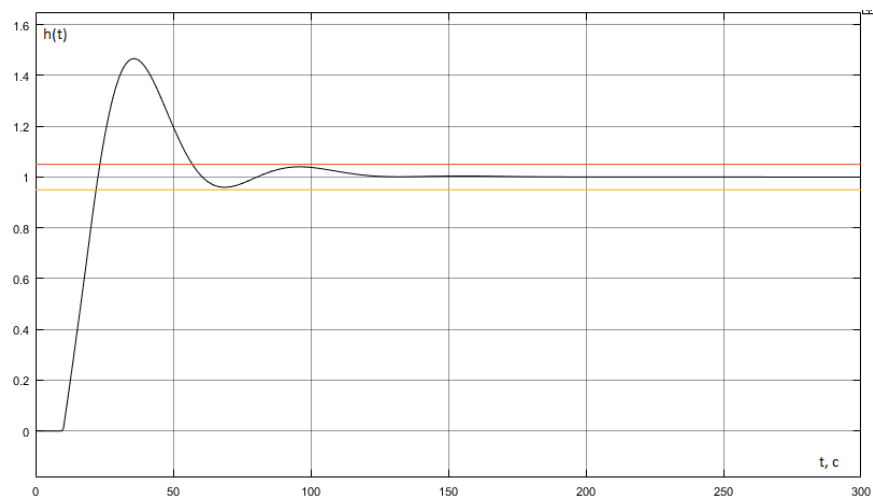


Рис. 37 Перехідний процес у САК по каналу завдання-вихід

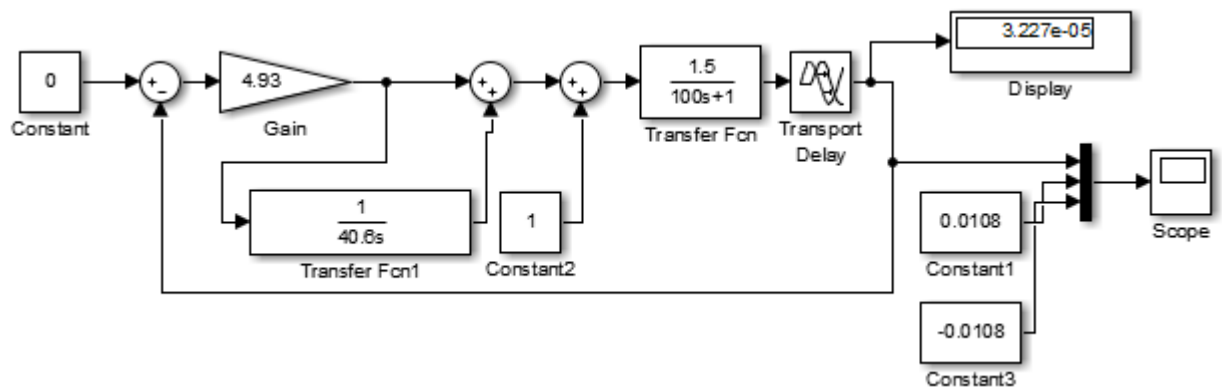


Рис. 38 Система САК без внутрішнього контуру із ПІ-регулятором

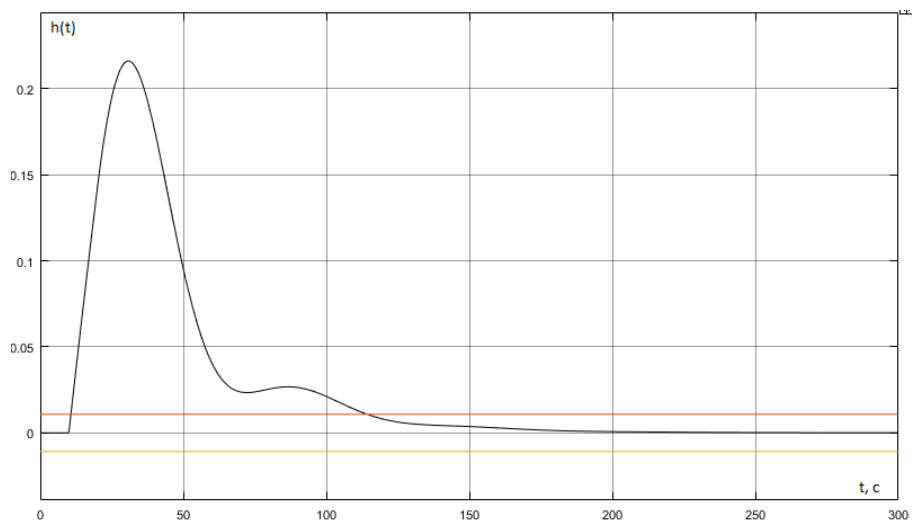


Рис. 39 Перехідний процес у САК по каналу збурення-вихід

Таблиця 6 Прямі показники якості по обом каналам

Показник якості	Канал
-----------------	-------

	завдання-вихід	збурення-вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0,4663	0,216
Час регулювання,с	57	114,25
Степінь затухання	0,9135	0,8763
Перерегулювання,%	46,63	10,82

### Порівняння методів

### Параметри налаштувань для внутрішнього регулятора

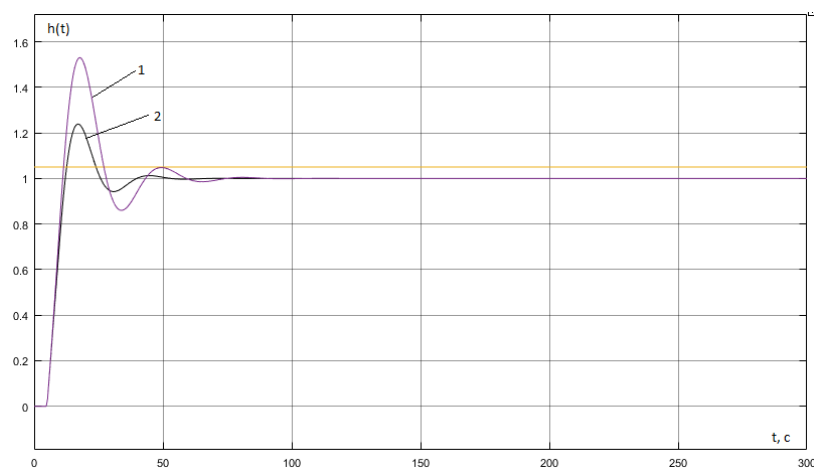


Рис. 40 Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

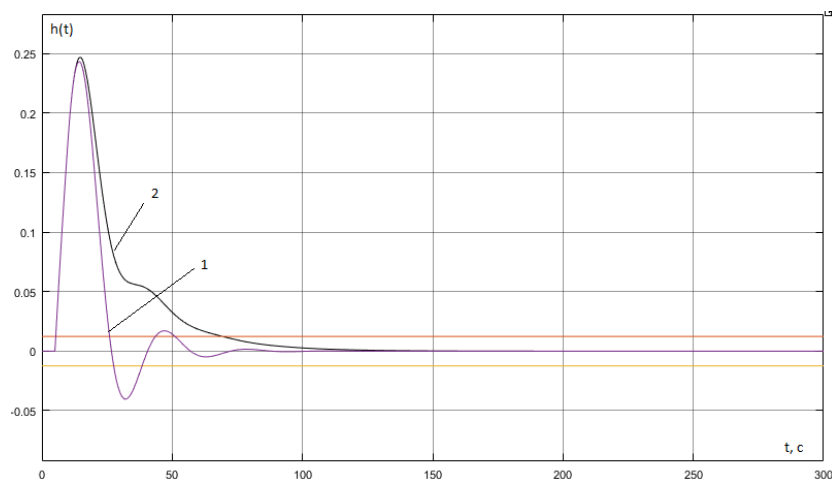


Рис. 41 Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 7 Порівняння прямих показників якості

Показник	«Завдання-вихід»		«Збурення-вихід»	
	РАФХ	Експ.	РАФХ	Експ.

		метод		метод
Статична похибка $\Delta_{\text{ст}}$	0	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{\text{дин}}$	0,5304	0,2388	0,2432	0,247
Час регулювання $t_{\text{рег}}$ , с	40,45	33,13	51,15	73,7
Ступінь затування $\psi$	0,91	0,94	0,93	1
Перерегулювання $\sigma$ , %	53,04	23,88	16,6	-

### Параметри налаштувань для зовнішнього регулятора

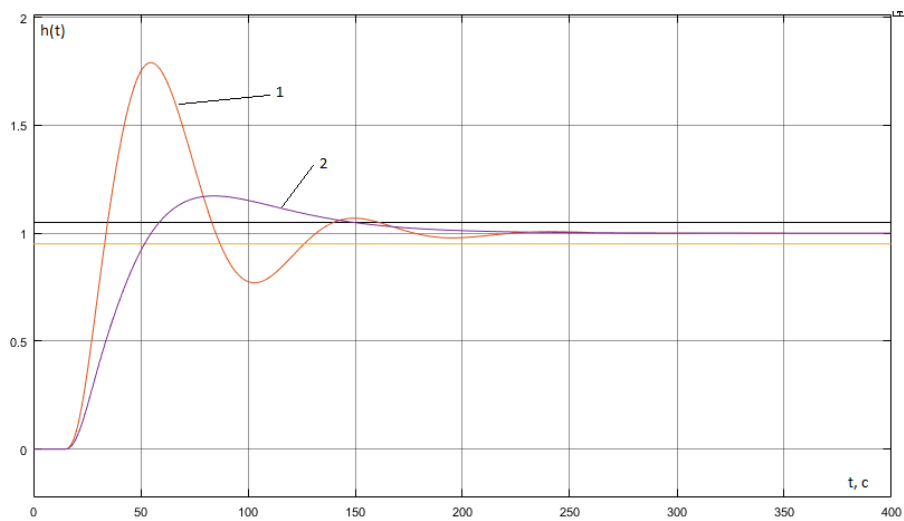


Рис. 42 Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

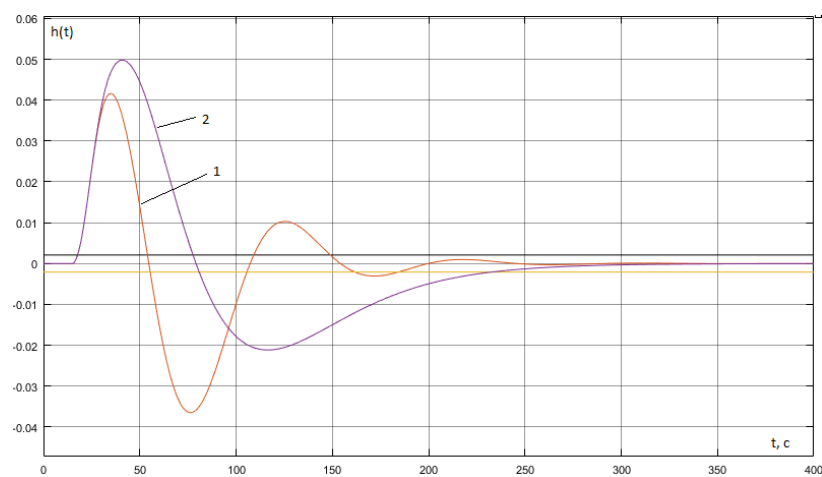


Рис. 43 Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 8 Порівняння прямих показників якості

Показник	«Завдання-вихід»	«Збурення-вихід»
----------	------------------	------------------



	РАФХ	Експ. метод	РАФХ	Експ. метод
Статична похибка $\Delta_{\text{ст}}$	0	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{\text{дин}}$	0,7895	0,1723	0,0416	0,0498
Час регулювання $t_{\text{рег}}$ , с	160,9	149,1	184,4	226,2
Ступінь затухання $\psi$	0,9126	1	0,7524	1
Перерегулювання $\sigma$ , %	78,95	17,23	87,69	42,49

### Параметри налаштувань для системи без внутрішнього регулятора

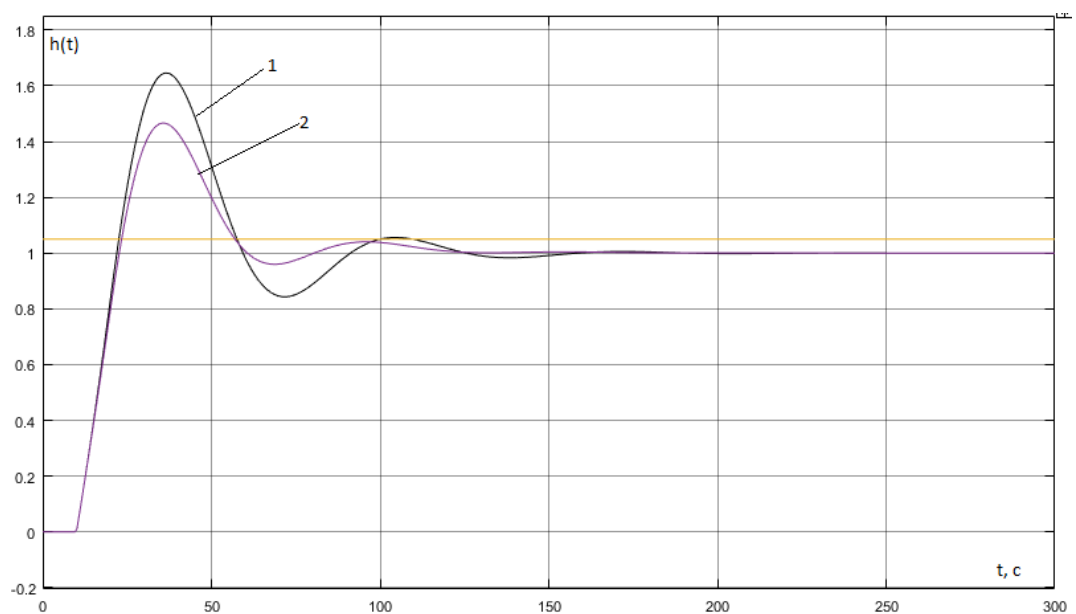


Рис. 44 Перехідний процес по каналу «завдання-вихід»

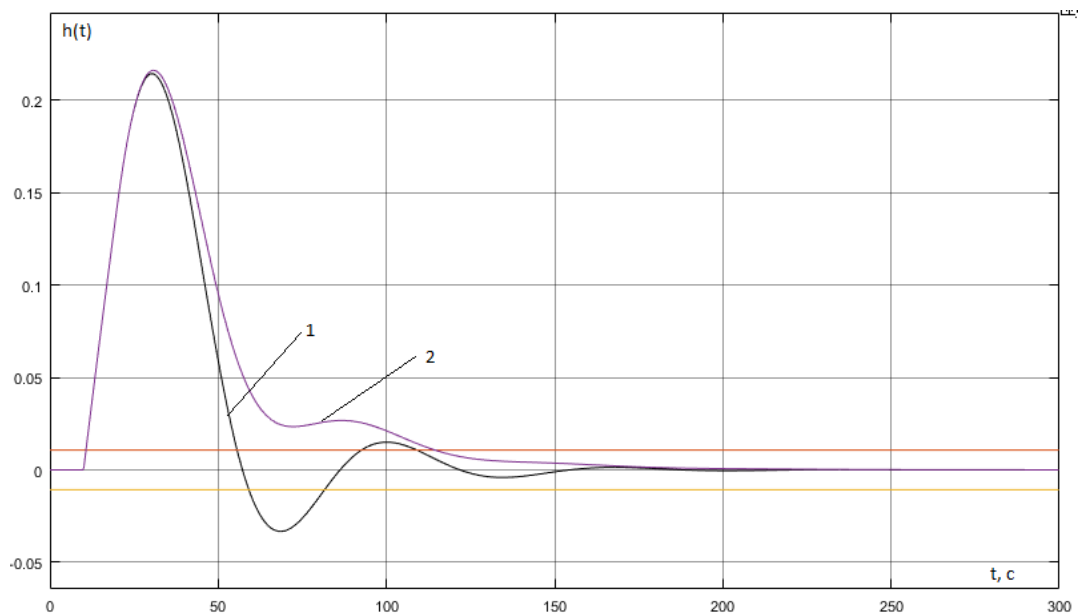


Рис. 45 Перехідний процес по каналу «збурення-вихід»

Таблиця 8 Порівняння прямих показників якості

Показник	«Завдання-вихід»		«Збурення-вихід»	
	РАФХ	Експ. метод	РАФХ	Експ. метод
Статична похибка $\Delta_{\text{ст}}$	0	0	0	0
Динамічна похибка $\Delta_{\text{дин}}$	0,646	0,4663	0,2142	0,216
Час регулювання $t_{\text{рег}}$ , с	109,54	57	109,04	114,25
Ступінь затухання $\psi$	0,9101	0,9135	0,9299	0,8763
Перерегулювання $\sigma$ , %	64,6	46,63	15,52	10,82

З графіків та прямих показників якості видно, що експрес метод розрахунку Minimum IAE-Shinsky є найкращим з точки зору малої динамічної похибки, швидкого регулювання та досить малого перегулювання, що виключає можливість початкових стрибків температури повітря в системі вентиляції і забезпечує плавний процес регулювання. Отже параметри налаштування регулятора:

Внутрішнього контура:  $K_p = 3,7$ ,  $T_i = 20,3$ .

Зовнішній контур:  $K_p = 1,85$ ,  $T_i = 60,9$ .

## Додаток Б

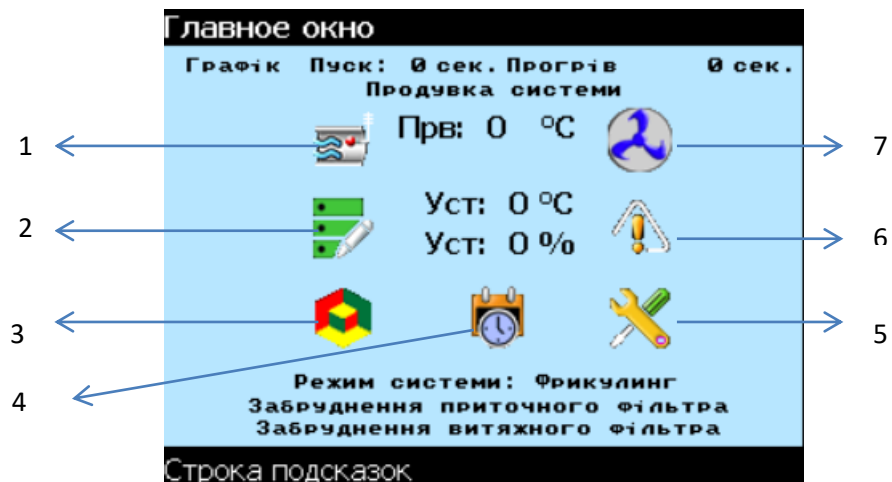


Рис. 1.1 Головне вікно

1. меню відображення поточних температур; (див. п 1)
2. меню завдання температур, вибору датчика регулювання, завдання швидкості вентиляторів; (див. п 2)
3. меню поточного стану системи; (див. п 3)
4. меню роботи по графіку; (див. п 4)
5. меню інженерних налаштувань; (див. п 5)
6. сигнал несправності (відображається при виникненні несправності, при цьому відображає аварії); (див. п 6)
7. відображає стан вентиляторів;

### 1. Меню відображення поточних температур

Поточні температури, вологість	
Температура вуличного повітря:	30°C
Температура викидного повітря:	15°C
Температура зв. теплоносія:	55°C
Температура приточ. повітря:	26°C
Температура кімнат. повітря:	30°C
Вологість кімнат. повітря:	50%

Рис. 1.1 Меню відображення поточних температур

При відсутності датчика витяжного повітря, його показники відображатися не будуть. (рис.1. 2)

Поточні температури, вологість	
Температура вуличного повітря:	30°C
Температура викидного повітря:	15°C
Температура зв. теплоносія:	55°C
Температура приточ. повітря:	26°C

Рис. 1.2 Меню відображення поточних температур при відсутності датчика витяжки

## 2. Меню завдання температур

Завдання	
Задана температура:	22 °C
Вологість повітря:	60 %
Температура увімкнення нагріву:	15 °C
Температура увімкнення охолод:	22°C
Датчик регулювання:	Приток
Швидкість вентиляторів:	100 %

Рис. 2.1 Меню завдання

Задана температура – завдання на регулювання температури повітря по притоку/витяжці (далі Тзав); **(початкове значення = 22, діапазон [15;35])**

Твключення нагріву - температура зовнішнього повітря (далі Твн), при  $T_{вн} < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  система переходить в режим нагріву; **(початкове значення = 15, діапазон [0;18])**

Твключення холоду – температура зовнішнього повітря (Твх), при  $T_{вх} > 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  система переходить в режим нагріву; **(початкове значення = 15, діапазон [0;18])**

Датчик регулювання - датчик для вибору регулювання повітря (приток/витяжка).

Швидкість вентилятора. - завдання швидкості обертання вентиляторів **(початкове значення = 100, діапазон [20;100])**.

При відсутності датчика витяжного повітря, вибір датчика рег. не доступний (рис.2.2)

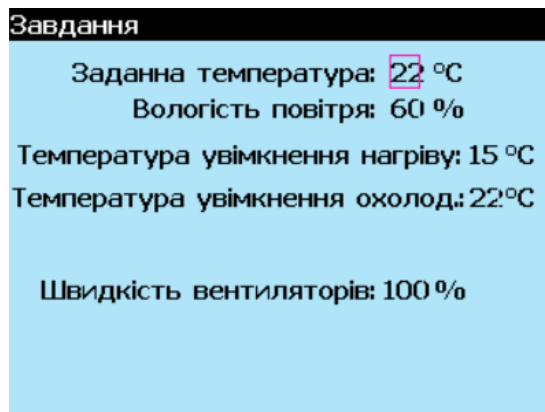


Рис. 2.2 Меню задання без датчика витяжки

### 3. Меню поточного стану системи

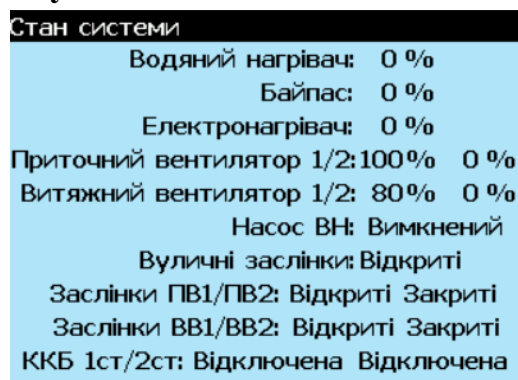


Рис. 3.1 Меню поточного стану системи

Якщо ЕК працював, при вимкненні відбувається обдув протягом 120с.  
 Якщо працював ККБ і продувка дозволена - продувка ККБ протягом 1 хвилини.

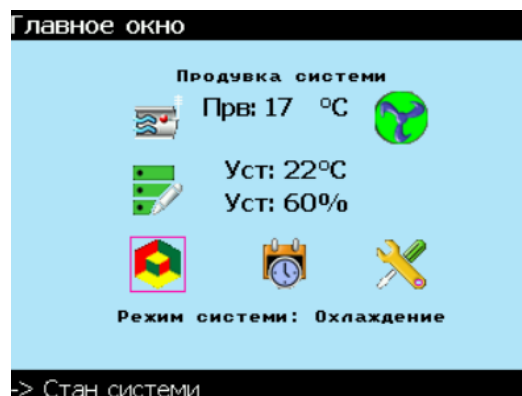


Рис. 3.3 Головне меню при продувці системи

### 4. Меню роботи по графіку

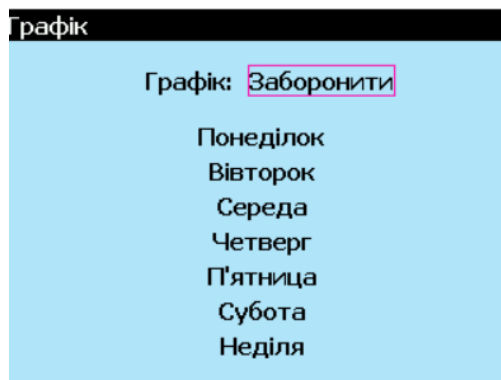


Рис. 4.1 Головне меню налаштувань розкладу.  
Графік - дозволяє/забороняє роботу системи по розкладу.



Рис. 4.2 Налаштування роботи системи по графіку в конкретний день

1. Дозволяє/забороняє роботу системи за розкладом в конкретний день тижня (в цьому випадку в Понеділок)
2. Налаштування 5 часових діапазонів та режим роботи для кожного з них (Вимкнено/Ввімкнено)

Коли система працює по графіку на екрані головного меню відображається надпис Графік (рис 4.3)

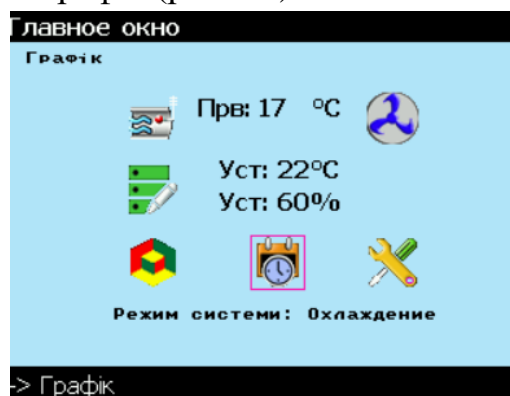


Рис. 4.3 Работа системы по графіку

## 5. Меню інженерних налаштувань

Вхід в меню під паролем: 2222

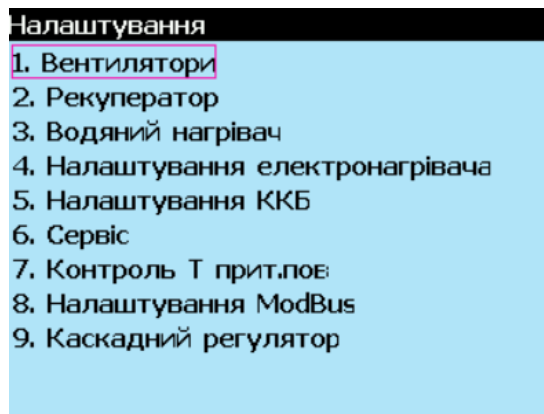


Рис. 5.1 Меню налаштувань

При відсутності датчика витяжного повітря, пункт меню Каскад регулятор не доступний (рис. 5.2)

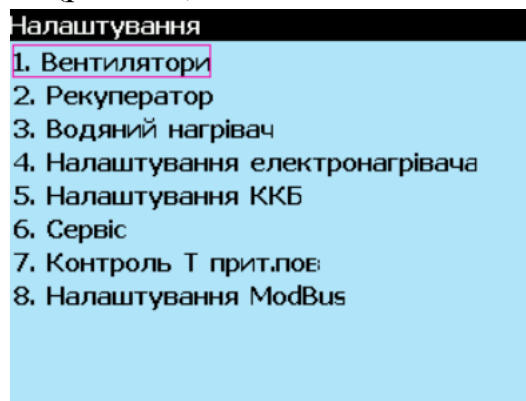


Рис. 5.2 Меню налаштувань при відсутності датчика витяжки

### 5.1. Меню налаштувань вентиляторів

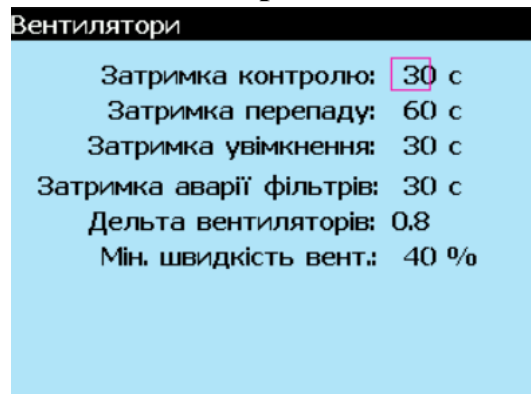


Рис.5.3 Меню налаштування вентиляторів

Затримка контролю – затримка аварії вентиляторів при відсутності зворотного зв'язку (початкове значення = 30, діапазон [10;180]);

Затримка перепаду – затримка аварії вентиляторів при перепаду (початкове значення = 60, діапазон [10;180]);



Затримка ввімкнення – затримка ввімкнення вентиляторів при запуску системи для відкриття заслонок (початкове значення = 30, діапазон [10;600]);

Затримка аварій фільтрів – затримка аварій при наявності перепаду тиску на фільтрах (початкове значення = 30, діапазон [1;180]);

Дельта вентиляторів – коефіцієнт розбалансу між приточним та витяжним вентилятором (початкове значення = 0,8, діапазон [0;1]);

Мін. Швидкість вент. – мінімальна можлива швидкість вентиляторів (початкове значення = 40, діапазон [20;100]);

## 5.2. Меню налаштувань рекуператора

Налаштування рекуператора

Аварія Твикиду: Увімкнена

Температура загрози: 3 °C

Температура аварії: 0 °C

Затримка аварії: 10 хв.

Параметр	Тприт.п	Твик.
Кр:	1.00	2.00
Ти:	15	5
Зона неч.	0.5	0.5

Рис 5. 4 Меню налаштування рекуператора

Аварія Твикиду – дозволяє, або забороняє аварію по обмерзанню рекуператора.

Температура загрози - завдання температури викиду. При пониженні температури викиду нижче завдання обертання рекуператора →0% (початкове значення = 3, діапазон [3;10]);

Температура аварії - завдання температури викиду для відкриття байпасу. При пониженні температури викиду нижче завдання рекуператор = 0% (початкове значення = 0, діапазон [0;10]);

Затримка аварії - затримка аварії замерзання рекуператора (початкове значення = 1, діапазон [1;30]);

## Алгоритм роботи рекуператора

### Рекуперація відразу на 100%

- $\{ \{ T_{\text{пом}} > T_{\text{зад}} \} \text{ І } \{ T_{\text{нв}} > T_{\text{пом}} \} \} \text{ АБО } \{ \{ T_{\text{зад}} > T_{\text{пом}} \} \text{ І } \{ T_{\text{пом}} > T_{\text{нв}} \} \}$  (гістерезис 3 градуса)
- Запуск системи
- Робота вентиляторів

### Рекуперація не потрібна

- $T_{\text{пом}} = T_{\text{нв}}$
- $\{ \{ T_{\text{зад}} > T_{\text{нв}} \} \text{ І } \{ T_{\text{нв}} > T_{\text{пом}} \} \} \text{ АБО } \{ \{ T_{\text{нв}} > T_{\text{зад}} \} \text{ І } \{ T_{\text{пом}} > T_{\text{нв}} \} \}$
- Запуск системи
- Робота вентиляторів

### Рекуперація за допомогою ПІД регулятора на нагрів

- $\{ \{ \{ T_{\text{пом}} > T_{\text{нв}} \} \text{ І } \{ T_{\text{пом}} = \text{ОК} \} \text{ (при наявності датчика приміщення/витяжки) } \} \text{ АБО } \{ \{ T_{\text{прв}} > T_{\text{нв}} \} \text{ (при відсутності датчика приміщення/витяжки) } \} \text{ І } \{ T_{\text{зад}} > T_{\text{прв}} \}$
- Запуск системи
- Робота вентиляторів

### Рекуперація за допомогою ПІД регулятора на охолодження

- $\{ \{ \{ T_{\text{пом}} < T_{\text{нв}} \} \text{ І } \{ T_{\text{пом}} = \text{ОК} \} \text{ (при наявності датчика приміщення/витяжки) } \} \text{ АБО } \{ \{ T_{\text{прв}} < T_{\text{нв}} \} \text{ (при відсутності датчика приміщення/витяжки) } \} \text{ І } \{ T_{\text{прв}} > T_{\text{зад}} \}$
- Запуск системи
- Робота вентиляторів

### Рекуперація по викиду

- $\{ T_{\text{нв}} < T_{\text{ввімкнення нагріву}} \} \text{ І } \{ T_{\text{нв}} < 0^{\circ}\text{C} \} \text{ І } \{ T_{\text{виб}} < T_{\text{вик. вимкнення}} \}$
- Запуск системи
- Робота вентиляторів

### 5.3. Меню водяного нагрівача

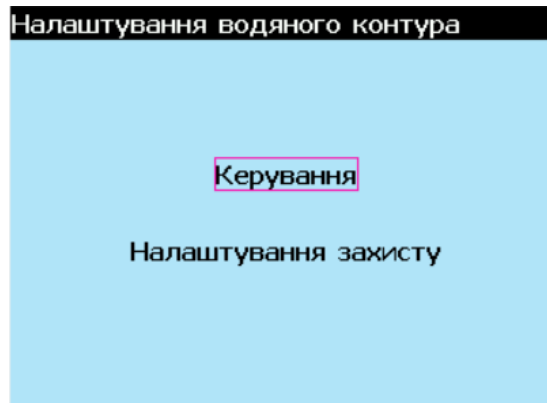


Рис. 5.5 Меню налаштування водяного нагрівача

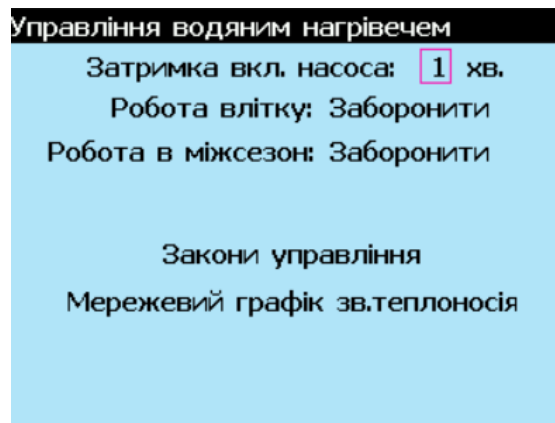


Рис. 5.6 Меню налаштування управління водяним нагрівачем

Затримка вкл. насоса – затримка увімкнення насоса (**початкове значення = 1, діапазон [1;30]**);

Робота влітку – дозволяє, або забороняє роботу насоса влітку;

Робота в міжсезон. - дозволяє/забороняє роботу насоса в міжсезоння;

Закон управління – налаштування параметрів регулятора;

Мережевий графік зв. Теплоносія – налаштування необхідної температури зворотнього теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря (рис. 5.7).

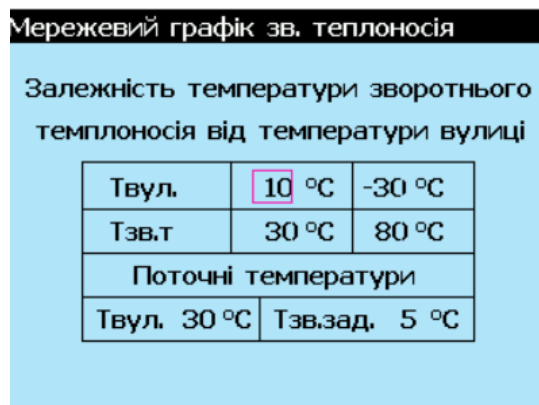


Рис. 5.7 Меню налаштування мережевого графіку

Налаштування захисту водяного нагрівача (рис. 5.8).

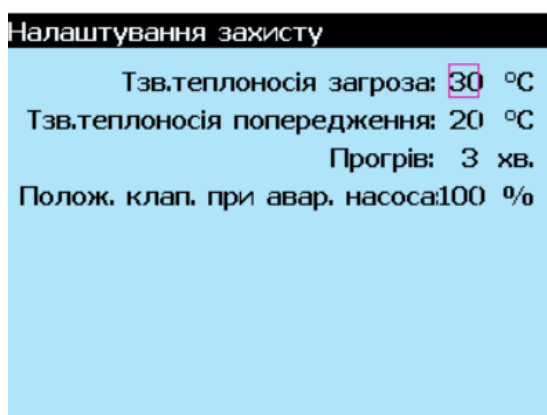


Рис. 5.8 Меню налаштування захисту водяного нагрівача

Тзв. Теплоносія загроза – мінімальна температура зворотнього теплоносія. Нижче даного значення можливе обмерзання (**початкове значення = 30, діапазон [10;60]**);

Тзв. Теплоносія попередження – мінімальна температура зворотнього теплоносія. Нижче даного значення установок зупиняється (**початкове значення = 20, діапазон [10;60]**);

Прогрів – прогрів водяного нагрівача перед увімкненням системи. (**початкове значення = 3, діапазон [1;30]**);

Положення клап. При авар. насоса – положення 3-х ходового клапану при аварії насоса (**початкове значення = 100, діапазон [0;100]**);

#### 5.4. Меню електрокалорифер



Рис. 5.9 Меню налаштування електрокалорифера

Час продувки – час продувки електрокалорифера при вимкненні системи (початкове значення = 120, діапазон [10;300]);

Затримкаа регулювання – затримка увімкнення електрокалорифера (початкове значення = 30, діапазон [10;300]);

Робота в міжсезон – дозволяє, або забороняє працювати електрокалориферу в міжсезон;

Налаштування закону – налаштування регулятора;

Тип управління – вибір типу управління електронагрівачем: 0-10 В, ШИМ;

## 5.5. Меню налаштувань ККБ

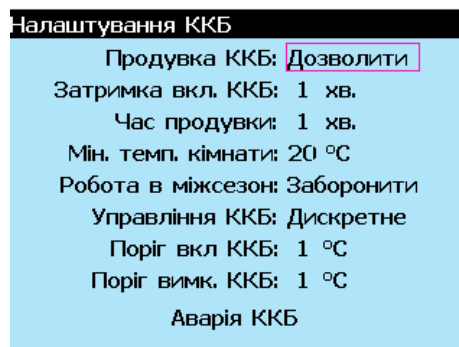


Рис. 5.10 Меню налаштування ККБ

Продувка ККБ - дозволяє/забороняє продувку ККБ після натискання кнопки СТОП;

Затримка вкл. ККБ - затримка ввімкнення ККБ. (початкове значення = 1, діапазон [0;60]);

Час продувки - час продувки ККБ після натискання кнопки СТОП.  
(початкове значення = 1, діапазон [0;60]);

Мін. Темп. кімнати - мінімальна температура кімнати при якій ККБ дозволено працювати (початкове значення = 20, діапазон [15;35]);

Роб в міжсезон - дозволяє/забороняє роботу ККБ в міжсезоння.

Управління ККБ – вибір типу управління ккб: дозвіл, дискретне

Поріг вкл/викл ККБ – дані пункти відображаються тільки при виборі типу управління Дискретне, гістерезис від заданого значення. (початкове значення = 1, діапазон [0;5]);

**Аварія ККБ** – меню налаштувань аварій ККБ (рис. 5.11)

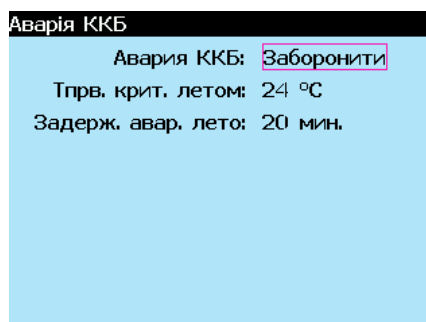


Рис. 5.11 Меню налаштування аварій ККБ

Аварія ККБ – дозволяє, або забороняє аварію ККБ;

Тпрв. Крит. літом – аварія ККБ, якщо дозволяє/забороняє  $T_{прп} > T_{пр}$  крім літа протягом Затрим. Авар літом ( початкове значення = 24, діапазон [20;35]);

Затримка авар. Літом – затримка аварії по температурі ( початкове значення = 20, діапазон [1;30]);

## 5.6. Меню Сервіс

**Вхід в меню під паролем: 9999**

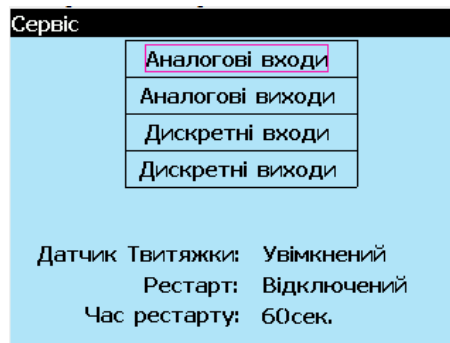


Рис. 5.12 Меню сервіс

Аналогові входи - меню коректировки показань датчиків (рис. 5.13)

Аналогові входи			
Вхід	До	Зміщення	Після
Ai1	30	0	30
Ai2	15	0	15
Ai3	55	0	55
Ai4	26	0	26
Ai5	30	0	30
Ai6	50	0	50

Рис. 5.13 Меню налаштування аналогових входів

Аналогові виходи - меню інверсії аналогових виходів (рис. 5.14)

Аналогові виходи		
Вихід	0%	100%
AO1	3 V	10 V
AO2	0 V	10 V
AO3	0 V	10 V
AO4	0 V	10 V
AO5	0 V	10 V
AO6	0 V	10 V
AO7	0 V	10 V

Рис. 5.14 Меню налаштування аналогових виходів

Дискретні входи - меню інверсії дискретних входів (рис. 5.15)

Дискретні входи 1/2			
Стоп	In 1	Прямий	Out 1
Пуск	In 0	Прямий	Out 0
Зв. зв'язок ПВ1	In 1	Прямий	Out 1
Зв. зв'язок ПВ2	In 1	Прямий	Out 1
Зв. зв'язок ВВ1	In 1	Прямий	Out 1
Зв. зв'язок ВВ2	In 1	Прямий	Out 1
Термостат вода	In 1	Прямий	Out 1

Рис. 5.15 Меню налаштування дискретних входів

Дискретні виходи - меню інверсії дискретних виходів (рис. 5.17)

Дискретні виходи 1/2			
Насос ВН	In 0	Прямий	Out 0
Вул. заслінки	In 1	Прямий	Out 1
HL_Робота	In 0	Прямий	Out 0
HL_Аварія	In 0	Прямий	Out 0
Заслінка ПВ1	In 1	Прямий	Out 1
Заслінка ПВ2	In 0	Прямий	Out 0
Заслінка ВВ1	In 1	Прямий	Out 1
>>			

Рис. 5.17 Меню налаштування дискретних виходів

Датчик Твитяжки - визначає наявність/відсутність датчика витяжки в установці.

Рестарт - дозволяє/забороняє рестарт системи

Час рестарту - затримка на ввімкнення рестарту

## 5.7. Меню Контроль температури притоку

Контроль Т прит. повітря	
Аварія Тприв. низька:	Увімкнена
Аварія Тприв. висока:	Увімкнена
Поріг Тприв. низька:	12 °C
Поріг Тприв. висока:	35 °C
Затримка увімкнення аварій: 20 хв.	

Рис. 5.18 Меню контролю температури припливного повітря

Аварія Тприв.низька - дозволяє/забороняє аварію по низькій температурі приточного повітря.

Аварія Тприв.висок-я - дозволяє/забороняє аварію по високій температурі приточного повітря.

Межа Тприв.низька - мінімальна температура притока. (початкове значення = 12, діапазон [10;20]);

Межа Тприв.висока - максимальна температура притока. (початкове значення = 35, діапазон [20;40]);

Затримка ввімк. аварій - затримка аварій по низькій/високій температурі притока. (початкове значення = 20, діапазон [1;60]);



### Умови Аварії по низькій температурі притока:

- $T_{прв} < \text{Порог } T_{прв.низька}$
- Аварія  $T_{прв.низька} = \text{Ввімк.}$

### Умови Аварії по високій температурі притока:

- $T_{прв} > \text{Межу } T_{прв.висока}$
- Аварія  $T_{прв.виск} = \text{Ввімк.}$

## 5.8. Меню налаштування параметрів ModBus

Налаштування ModBus

Швидкість передачі: 19200

Біт парності: none

Кількість стоп-бітів: один

Адрес котролера: 1

Рис. 5.19 Меню налаштування ModBus

## 5.9. Меню налаштувань каскадного регулятора

Каскадний регулятор

Закон регулювання

Кп:	2.00
Ті:	100
Зона НЧ:	1.0

Діапазон зміни  $T_{прит. пов.}$

Обмеження	Зима	Літо
Мін. °C	-3	-6
Макс. °C	3	6

Рис. 5.20 Меню налаштування каскадного регулятора

Закон регулювання - налаштування параметрів ПІД регулятора

Діапазон зміни  $T_{прв}$  - максимальні/мінімальні зміни завдання температури регулювання від первинно заданої  $T_{зад}$

Для зміни значень необхідно ввести пароль: **2222**

Мін.Зима (початкове значення = -3, діапазон [-20;0]);

Мін.Літо (початкове значення = -6, діапазон [-20;0]);

Макс.Зима (початкове значення = 3, діапазон [0;20]);

Макс.Літо (початкове значення = 6, діапазон [0;20]);

## 6. Меню відображення сигналів несправності

Аварии		
Аварії датчиків		
Вуличний	Викид	Зв. теплонос
Приточний	Витяжний Т	Витяжний RH
Аварії вентиляторів		
Приточний 1	Витяжний 1	
Приточний 2	Витяжний 2	
Інші аварії та попередження		
Пожар	Низка Тприт.п	Висока Тприт.п
Стоп	Графік	Обмерзання рекуператора
Фільтр 1	Приток	Фільтр 2 Приток
Фільтр 1	Витяжка	Недогрів Перегрів
Загроза повітря	Загроза вода	ККБ
Насос	водяного нагрівача	

Рис. 6.1 Меню відображень аварій системи

### Аварії датчиків температури:

Вуличний - аварія датчика зовнішнього повітря;

Викид - аварія датчика температури викиду (після рекуператора);

Зворотнього теплоносія – аварія датчику зворотнього теплоносія;

Витяжний Т, RH - аварія датчика витяжного повітря;

Приточний - аварія датчика приточного повітря.

### Аварії вентиляторів:

Приточний - відсутність зворотнього зв'язку від частотного перетворювача

Витяжний - відсутність зворотнього зв'язку від частотного перетворювача.

**Інші аварії:**

Пожежа - пожежний контакт розімкнутий;

ФільтрПрв 1 - фільтр приточного повітря забруднено;

ФільтрПрв 2 - фільтр приточного повітря забруднено;

ФільтрВит - фільтр витяжного повітря забруднено;

ВисТпрв - температура притоку вище максимально допустимого;

НизТпрв - температура притоку нижче мінімально допустимого;

ККБ - аварія ККБ (аварія влітку);

СтопГраф - при роботі по розкладу натиснута кнопка СТОП;

Замерзання Рекуператора - аварія замерзання рекуператора;

Перегрів - спрацювання ТК60;

Загроза вода – низька температура зворотнього теплоносія;

Загроза повітря – спрацювання термостату;

Насос – аварія насоса водяного нагрівача.